



Manejo de Arrecifes de Coral Blanqueados o Severamente Dañados

Susie Westmacott, Kristian Teleki, Sue Wells y Jordan West
Traducción por Gerardo Fragoso

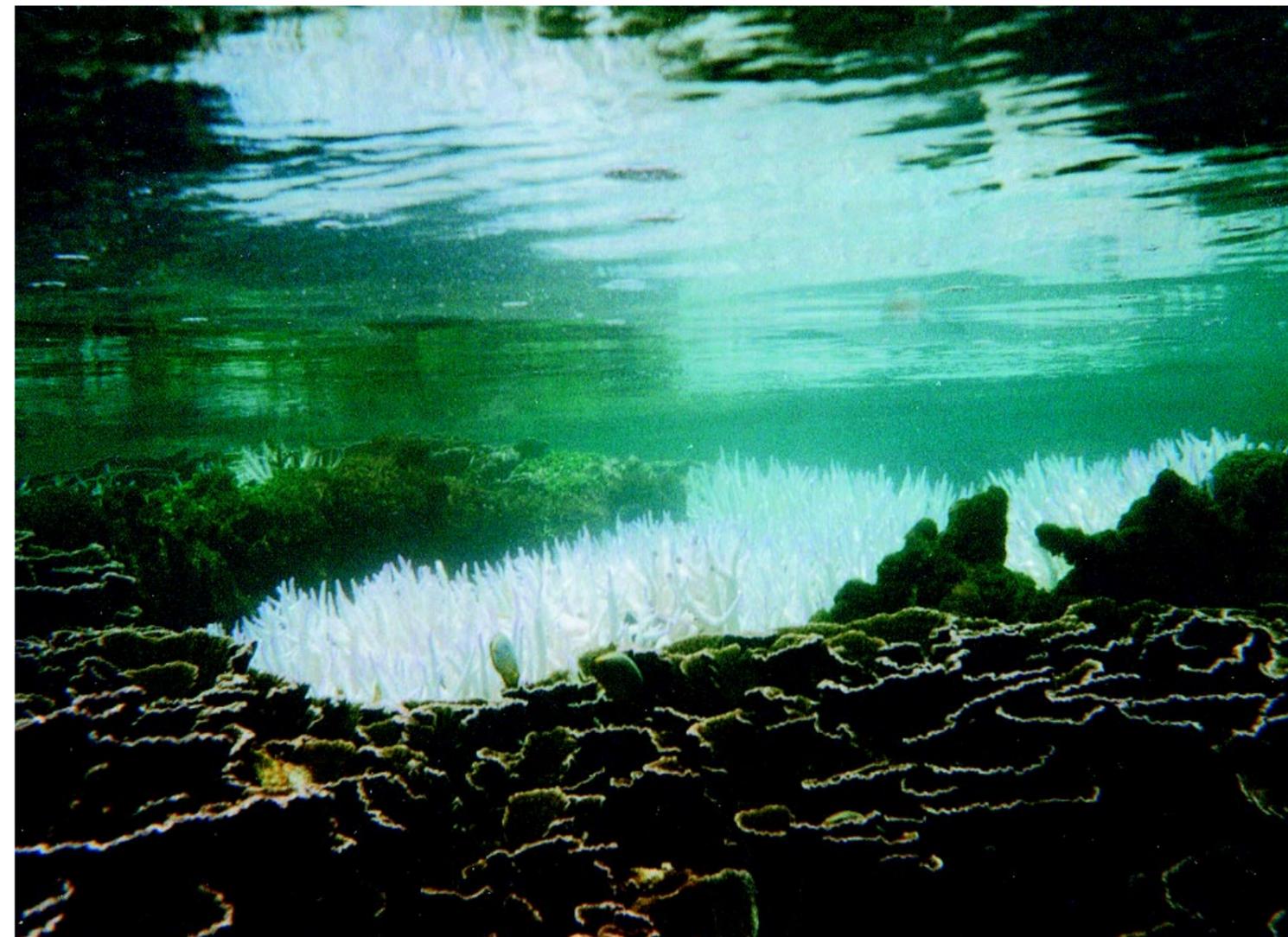
UICN – Unión Mundial para la Naturaleza

Fundada en 1948, La Unión Mundial para la Naturaleza reúne a Estados, agencias gubernamentales, y a una diversidad de organizaciones no gubernamentales en una asociación única: más de 950 miembros en total, distribuidos en 139 países.

Como una Union, la UICN busca influenciar, animar y asistir sociedades a través del mundo para conservar la integridad y la diversidad de la naturaleza y para asegurar que cualquier uso de recursos naturales es equitativo y ecológicamente sustentable.

La Unión Mundial para la Naturaleza apoya las fortalezas de sus miembros, redes y socios para incrementar su capacidad y para apoyar alianzas globales que salvaguarden los recursos naturales a nivel local, regional y global.

IUCN Publications Services Unit
219c Huntingdon Road,
Cambridge CB3 0DL, UK
Tel: +44 1223 277894
Fax: +44 1223 277175
E-mail: info@books.iucn.org
WWW: <http://www.iucn.org>



Información General sobre Organizaciones

El Convenio sobre Diversidad Biológica es un acuerdo internacional con fuerza legal que ha sido abierto a signatarios en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, y entró en vigor en 1993. Este es el único tratado dedicado a los tres niveles de diversidad biológica: recursos genéticos, especies y ecosistemas. Es también el primero en reconocer que la conservación de la diversidad biológica es una preocupación común de la humanidad, que las inversiones hechas para la conservación de la biodiversidad resultarán en beneficios ambientales, económicos y sociales, y que el desarrollo económico y social y la erradicación de la pobreza son tareas prioritarias.

El Convenio es por tanto un componente clave del compromiso de los países del mundo en la implementación de políticas de desarrollo sustentable. Sus tres objetivos son conservar la diversidad biológica, usar los componentes de la diversidad biológica de manera sustentable, y compartir de manera equitativa los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.

Más de 175 países y la Comunidad Europea han ratificado el Convenio. Ellos se han comprometido al desarrollo de estrategias y plan de acción nacionales, y a integrar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en la toma de decisiones en todos los sectores económicos.

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la asistencia humanitaria y para el desarrollo a nivel mundial. Los programas de la USAID apoyan el desarrollo sustentable, proveen asistencia económica, fortalecen la capacidad humana y las formas de gobierno democráticas, y provee asistencia en los desastres internacionales. Los programas ambientales están comprometidos a mejorar la conservación de ecosistemas importantes, a reducir la amenaza del cambio climático global, y a promover el manejo sustentable de los recursos naturales. Para más información, visite <http://www.usaid.gov>. Esta publicación fue hecha posible a través de apoyo provisto por el Global Environment Centre de la USAID. Las opiniones expresadas aquí son propiedad de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de la USAID

WWF, el Fondo Mundial para la Naturaleza, es una organización de conservación grande y con experiencia, con 4.7 millones de seguidores, y con una red global activa en 96 países. El WWF es conocido como World Wildlife Fund en Canadá y los Estados Unidos.

Las metas del programa de conservación marina del WWF son:

- Mantener la biodiversidad y los procesos ecológicos de los ecosistemas costeros y marinos
- Asegurar que cualquier uso de los recursos marinos es sustentable y equitativo
- Restaurar los ecosistemas marinos y costeros cuyo funcionamiento haya sido impedido.

El WWF estableció recientemente la iniciativa CoralWeb “Ecosistemas de Arrecifes de Coral en Acción” a fin de conservar los ecosistemas coralinos sobresalientes y su biodiversidad. CoralWeb está dirigida a la crisis que enfrentan los arrecifes de coral, usando una perspectiva ecorregional, y tomará en cuenta factores ecológicos, económicos, sociales y políticos.

Manejo de Arrecifes de Coral Blanqueados o Severamente Dañados

Susie Westmacott, Kristian Teleki, Sue Wells y Jordan West

Traducción por Gerardo Fragoso

UICN
Unión Mundial para la Naturaleza



CONVENTION ON
BIOLOGICAL
DIVERSITY



La designación de entidades geográficas en este libro, y la presentación de material, no implican la expresión de opinión alguna de parte de la UICN sobre el estado legal de ningún país, territorio, o área, o de sus autoridades, o en relación a la delimitación de sus límites o fronteras.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a sus autores y no reflejan necesariamente las de la UICN u otras organizaciones participantes.

Publicado por: UICN, Gland, Suiza, y Cambridge, Reino Unido.



Copyright: 2000 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales

La reproducción de esta publicación con fines educativos y otros propósitos no comerciales está autorizada sin autorización previa de los propietarios de los derechos de autor siempre y cuando la fuente sea totalmente acreditada

Se prohíbe la reproducción de esta publicación para la reventa u otro propósito comercial sin el consentimiento escrito de los propietarios de los derechos de autor.

Cita: Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S and West, J. M. (2000) *Manejo de arrecifes de coral blanqueados o severamente dañados*. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. vii + 36 pp.

ISBN: 2-8317-0566-5

Fotos en la cubierta: Al frente: Corales blanqueados, Sri Lanka (Arjan Rajasuriya). Atrás: ARVAM

Producido por: The Nature Conservation Bureau Ltd, Newbury, UK.

Impreso por: Information Press, Oxford, UK.

Disponible en: IUCN Publications Services Unit
219c Huntingdon Road, Cambridge CB3 0DL, UK
Tel: +44 1223 277894, Fax: +44 1223 277175
E-mail: info@books.iucn.org
WWW: <http://www.iucn.org>
También puede adquirir un catálogo de publicaciones de la UICN.

El texto de este libro fue impreso en Zone Silk 115 gmc, el cual está gradado con cuatro estrellas bajo el sistema Eco-Check, y esta hecho de fuentes de fibra 100% sustentables, que usan un proceso libre de Cloro.

Contenido

iv Reconocimientos	19 El Turismo y el Blanqueamiento de Corales
iv Lista de Acrónimos	19 Acciones de manejo
v Prólogo	23 El Manejo Costero Integral y el Blanqueamiento de Corales
vi Resumen Ejecutivo	24 Acciones de manejo
1 Introducción	26 Técnicas de Restauración
3 El Blanqueamiento de Corales	28 Acciones de manejo
3 ¿Qué es el blanqueamiento de corales?	29 Monitoreo e Investigación
4 ¿Cuáles son las causas del blanqueamiento de corales?	29 Monitoreo
5 ¿Dónde ha ocurrido el blanqueamiento de corales?	30 Investigación
7 Otras Amenazas a los Arrecifes	31 El Cambio Climático Global – El Máximo Reto
9 ¿Qué Nos Espera en el Futuro?	32 Materiales de Referencia y Otros Recursos
9 Potencial de recuperación de los arrecifes de coral	32 Blanqueamiento de corales, cambio climático y recuperación de los arrecifes
10 El cambio climático global y los arrecifes dem coral	33 Manejo de arrecifes de coral blanqueados y severamente dañados
12 ¿Por Qué Manejar Arrecifes Dañados?	35 Sitios en Internet
14 Las Áreas Protegidas Marinas y los Arrecifes Dañados	36 Contactos Útiles y Direcciones
14 El papel de las areas protegidas marinas	
14 Acciones de manejo	
16 Las Pesquerías y el Blanqueamiento de Corales	
16 Cómo podrían cambiar las pesquerías en arrecifes dañados	
18 Acciones de manejo	

Reconocimientos

La producción de este folleto ha sido posible gracias al apoyo del Convenio sobre la Diversidad Biológica y la UICN-Estados Unidos (ambos de los cuales reciben el apoyo generoso de Departamento de Estado de los Estados Unidos), la WWF-Suecia, la WWF-Programa en Tanzania (Proyecto de la ecoregión marina de Africa Oriental), y la USAID. Estas agencias reconocieron la urgente necesidad de comunicar la creciente cantidad de teorías e información científica a aquellos que tienen que ocuparse de las consecuencias del blanqueamiento coralino de 1998. La pronta respuesta y el apoyo de estas organizaciones nos ha permitido producir este folleto en el corto plazo, en vez de tener que esperar hasta que fuera demasiado tarde. Este folleto está basado en buena parte en mucho del trabajo y los resultados de los varios investigadores en el Programa CORDIO. Este fue un recurso importante para nosotros, al igual que varios resultados inéditos que varios investigadores han compartido con nosotros. La oficina regional de la UICN en Africa Oriental, en colaboración con la UICN-Estados Unidos, ha sido responsable de la organización y producción de este folleto, apoyo por el cual estamos extremadamente agradecidos.

El primer borrador del texto fue enviado a varios colegas para su revisión. Dentro de lo posible, sus comentarios han sido incluidos en esta versión. Sus contribuciones han sido muy útiles y nos han provisto de una visión mas amplia en la transmisión de nuestro mensaje, por lo que les estamos profundamente agradecidos. Agradecemos en particular las revisiones de: Riaz Aumeeruddy, Barbara Best, Martin Callow, Julie Church, Herman Cesar, Stephen Colwell, Helen Fox, Patty Glick, Edmund Green, Thomas Heeger, Gregor Hodgson, Irene Kamau, Olof Lindén, Tim McClanahan, Rolph Payet, Arthur Paterson, Lida Pet Soede, Rod Salm, Lothar Schillak, Charles Sheppard, Paul Siegel, Mark Spalding, Al Strong, y Alan White. Queremos también expresar nuestro agradecimiento a Jean Pascal Quod, Arjan Rajasuriya y Thomas Heeger por proveernos con fotografías adicionales, a Virginia Westmacott por las ilustraciones, a Jeffrey Maganya, Amina Abdallah, al personal de la oficina regional Afro-oriental de la UICN, y al personal de la Cambridge Coastal Research Unit por su asistencia en la administración y logística del proyecto.

Lista de Acrónimos

(las siglas de los nombres en Inglés de algunas instituciones se mantienen en los casos indicados con *)

CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica	ICRI*	Iniciativa Internacional para los Arrecifes de Coral
CITES*	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres	IPCC*	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
CDP	Conferencia de las Partes	APM	Areas Protegidas Marinas
CORDIO*	Degradación de Arrecifes de Coral en el Océano Indico	ONG	Organización No Gubernamental
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental	SBSTTA*	Organo Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico del CBD
GBC	Gran Barrera de Coral, Australia	SIDA/SAREC*	Programa de Investigación de la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional
GCRMN*	Red Global de Monitoreo de Arrecifes de Coral	TSM	Temperatura de la Superficie Marina
MCI	Manejo Costero Integral	PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
		UNFCCC*	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Prólogo

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más amenazados en el mundo. Similares a los bosques húmedos en cuanto a su diversidad biológica, y generadores de beneficios económicos para las industrias pesquera y turística, los arrecifes coralinos son un asunto de interés global. Más aun, los arrecifes cumplen un gran número de funciones fundamentales en varios países en desarrollo, y especialmente en los pequeños Estados insulares en desarrollo.

Hasta recientemente, el estrés causado por actividades humanas – tales como contaminación de origen terrestre, y prácticas pesqueras destructivas – eran consideradas la principal causa de peligro para los arrecifes coralinos. Mientras que estos problemas persisten hasta la fecha, las últimas dos décadas han visto el surgimiento de una amenaza más, potencialmente mucho mayor. Los arrecifes coralinos han sido afectados con frecuencia y severidad creciente por el blanqueamiento coralino – fenómeno asociado a una variedad de causas de estrés, especialmente al incremento en la temperatura del agua marina. El blanqueamiento severo y prolongado puede producir mortalidad coralina extensa. Tal fue el caso del blanqueamiento sin precedentes ocurrido en 1998, el cual afectó grandes áreas de arrecife coralino en el Indo-Pacífico.

Una Consulta de Expertos en Blanqueamiento de Corales convocada por la Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) en 1999 concluyó que existe evidencia suficiente de que el cambio climático es una de las causas principales de los blanqueamientos recientes. Si las tendencias en el cambio climático continúan de acuerdo a las predicciones, los blanqueamientos serán probablemente aún más frecuentes y severos en el futuro, poniendo a los arrecifes coralinos bajo mayor riesgo.

La protección de los arrecifes que aún quedan, incluyendo aquellos que han sido severamente dañados, es fundamental si es que los arrecifes coralinos han de mantener las mayores oportunidades de recuperación. Tal protección debe incluir la remoción de los impactos humanos que pueden causar, agravar o ser agravados por el blanqueamiento. La evidencia alentadora de estudios a largo plazo indica que los arrecifes coralinos se pueden recuperar de blanqueamientos graves siempre y cuando las causas de estrés adicional son eliminadas. El manejo cuidadoso del ambiente, y el mantenimiento de las mejores condiciones posibles para fomentar la recuperación de los arrecifes será vital en el futuro.

La Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica, en su quinto encuentro en Mayo del 2000, decidió incluir los ecosistemas coralinos en su programa de trabajo sobre diversidad biológica marina y costera. La Conferencia también apremió a las Partes, a otros Gobiernos, y a otras organizaciones pertinentes (tal como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático) a implementar una gama de medidas de respuesta al fenómeno de blanqueamiento y a la degradación y destrucción de los arrecifes, incluyendo investigación, fortalecimiento institucional, participación comunitaria, y educación.

La Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) están llevando a cabo un número de iniciativas relacionadas con el manejo de arrecifes coralinos, tanto en los sitios mismos en varias partes del mundo, como en el área de establecimiento de políticas regionales e internacionales. El Programa sobre Degradación

de Arrecifes Coralinos en el Océano Índico (financiado por Suecia, Finlandia, los Países Bajos y el Banco Mundial) es un ejemplo de los esfuerzos que se están llevando a cabo para reunir información sobre las implicaciones biológicas y socio-económicas del blanqueamiento coralino masivo. Estos esfuerzos han producido ya información valiosa, mucha de la cual está siendo usada en el desarrollo de estrategias de manejo. La Agencia Norteamericana para el Desarrollo Internacional (USAID) está comprometida a ayudar a las naciones en desarrollo a proteger sus áreas costeras, reconoce que la conservación e uso inteligente del los recursos en los arrecifes coralinos son elementos críticos para el desarrollo económico sustentable. Con esa meta, USAID trabaja en más de 20 países en proyectos que promueven directamente la protección de los ecosistemas de arrecife, a través del fortalecimiento institucional para el manejo costero integral; manejo fortalecido de parques y áreas protegidas; preservación de biodiversidad y hábitats, y turismo y pesquerías sustentables.

La Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica, la UICN, el WWF, el Programa CORDIO, y la USAID, en asociación con la Iniciativa Internacional para los Arrecifes Coralinos, decidieron producir este folleto sobre el Manejo de Arrecifes de Coral Blanqueados o Severamente Dañados. Este esfuerzo conjunto es en respuesta a la difícil pregunta: “¿Qué puede hacerse sobre el blanqueamiento y otros daños a los arrecifes coralinos?” La finalidad de este folleto es proveer lineamientos para gestores locales, autoridades normativas, y otras partes involucradas, sobre enfoques para el manejo de arrecifes que han sido severamente degradados debido al blanqueamiento o a otras causas. Aunque la información científica disponible aún no es suficientemente adecuada para la elaboración de recomendaciones precisas, está claro que el conocimiento disponible debe ser transferido a aquellos en posición de proteger los recursos remanentes y de estimular su recuperación.

Esperamos que esta publicación contribuya a la generación de iniciativas efectivas e inmediatas de manejo para favorecer la protección y regeneración de arrecifes, y a realzar la investigación orientada al desarrollo de las herramientas y medidas necesarias para un éxito durable. Más aún, esperamos que sea usado para incrementar el nivel de conciencia sobre la urgente necesidad de llevar a cabo tanto como sea posible para reducir el impacto del cambio climático en los arrecifes de coral.

Hamdallah Zedan
Secretario Ejecutivo
Convenio sobre la Diversidad Biológica

Scott A. Hajost
Director Ejecutivo
UICN – EE.UU.

Cathy Hill
Directora, Programa de Costas y Océanos
WWF-Suecia

David F. Hales
Asistente Administrador Adjunto y Director, Centro para el Ambiente Global
Agencia Norteamericana para el Desarrollo Internacional

Resumen Ejecutivo

Este folleto fue producido para proveer lineamientos para las autoridades administrativas, las autoridades normativas, y todos aquellos preocupados por la severa degradación de los arrecifes de coral causada por el blanqueamiento coralino y una variedad de otros impactos.

El blanqueamiento de coral es causado por altas temperaturas en la superficie del mar, y por altos niveles de radiación solar ultravioleta (UV). Estos factores afectan la fisiología del coral y causan una decoloración o 'blanqueamiento'. Esta pérdida de color es debida a la pérdida de algas simbióticas (zooxanthellae), de las cuales depende el pólipo coralino para su alimentación. El blanqueamiento prolongado (por más de 10 semanas) puede conducir eventualmente a la muerte del pólipo coralino.

Temperaturas del agua persistentemente elevadas (1–2 °C por encima de las máximas normales) durante 1998 causaron el blanqueamiento más extenso jamás registrado. El Océano Índico fue una de las regiones más afectadas, con mortalidades de hasta 90% en grandes áreas de arrecife. Las regiones del Pacífico y del Caribe también fueron afectadas, pero estas no sufrieron el mismo nivel de mortalidad.

Otros impactos humanos continúan amenazando la supervivencia de los arrecifes de coral. El desarrollo costero, prácticas deficientes de uso de tierra, sobre explotación de los recursos marinos, y métodos pesqueros destructivos – así como la liberación de desechos y la contaminación proveniente de barcos – pueden afectar negativamente el estado de los arrecifes. Estos impactos, en conjunto con el creciente blanqueamiento, presentan una amenaza seria para la supervivencia de los arrecifes en el mundo.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha predicho un incremento de 1–2°C en las temperaturas superficiales marinas para este siglo, de tal modo que los blanqueamientos se volverán más frecuentes en los próximos 30–50 años. Por tanto, los siguientes tipos de estrategias de manejo serán cruciales para proteger los arrecifes coralinos.

- 1. Las Áreas Protegidas Marinas (APMs)** jugarán un papel fundamental en ayudar a mantener las fuentes de larvas de coral en áreas para áreas dañadas. Las acciones en relación a las APMs, que contribuirán a la regeneración de arrecifes incluyen:
 - Identificar áreas de arrecife con menor daño dentro de las APMs y revisión, y reformulación en caso necesario, de los esquemas de zonamiento y establecimiento de fronteras para asegurar que los arrecifes sanos premanezcan protegidos.
 - Asegurar que las APMs existentes están siendo manejadas efectivamente.
 - Desarrollar un enfoque más estratégico para el establecimiento de sistemas de APMs, incluyendo la consideración de fuentes y destinos y la inclusión de una zona geográfica amplia y una variedad de tipos de APMs.
- 2. Las Pesquerías de arrecife** pueden ser afectadas negativamente en aquellos arrecifes que han sufrido mortalidad severa y que están perdiendo su estructura física (y son por tanto incapaces de mantener una comunidad de peces diversa y abundante). Es posible

adoptar un enfoque prudente dándole atención a los siguientes puntos en particular:

- Establecer zonas vedadas y limitaciones en el equipo pesquero, para proteger las áreas de reproducción y proveer de refugio a los peces.
 - Considerar medidas específicas de protección para especies que puedan contribuir a la regeneración del arrecife, tales como organismos consumidores de algas, o aquellos que puedan ser afectados por el blanqueamiento de corales, tales como peces consumidores de coral.
 - Implementar legislación que prohíba las prácticas pesqueras destructivas.
 - Monitorear la composición y tamaño de la captura para evaluar el éxito de las estrategias de manejo, e implementar nuevas estrategias en caso necesario.
 - Desarrollar modos de vida alternativos para comunidades pesqueras cuando sea necesario.
 - Limitar la entrada de nuevos pescadores a pesquerías por medio de esquemas de otorgamiento de licencias.
 - Regular la colecta de coral para venta para peceras y como curiosidades.
- 3. El Turismo** en áreas con arrecifes blanqueados puede ser mantenida a través de la provisión de otras actividades, ya sea relacionadas o no relacionadas con el arrecife. Algunas opciones de manejo incluyen:
 - Mantener poblaciones sanas de peces para buceo a través del uso creativo del establecimiento de zonas para reducir la presión generada por la sobrepesca y la presencia frecuente de turistas.
 - Involucrar a los turistas en el tópico de blanqueamiento por medio de oportunidades de participación en programas de monitoreo.
 - Hacer énfasis en otras atracciones terrestres y marinas además de los arrecifes de coral.
 - Reducir los impactos de las operaciones turísticas en general, tales como el daño directo a corales causadas durante el buceo o por las anclas de barcos, y el daño indirecto causado por las actividades costeras relacionadas con la industria turística.
 - Alentar a los turistas a contribuir financieramente a los esfuerzos de manejo para la recuperación.
 - Proveer información al público a través de actividades educativas y de divulgación.
 - 4. El Manejo Costero Integral (MCI)** será crucial para que los arrecifes blanqueados sean manejados dentro del contexto de las decisiones de uso de tierra hechas en las cuencas fluviales adyacentes. Aspectos particulares del MCI que requieren énfasis desde la perspectiva del blanqueamiento coralino, incluyen:
 - El establecimiento de sistemas de APM dentro de un marco de MCI.
 - La implementación de medidas para promover pesquerías sustentables.
 - La implementación de mecanismos para promover construcción ambientalmente sana y otras formas de uso de la tierra y del desarrollo costero.
 - La regulación de fuentes de contaminación de origen terrestre.

- La administración de barcos y otros navíos para reducir el daño a los arrecifes producido por impactos físicos o derrames.
- La protección la línea costera contra la erosión.

5. La restauración de arrecifes es un área de investigación relativamente nueva. La investigación debería ser fomentada. Sin embargo, programas de rehabilitación costosos pueden ser un riesgo más que una cura. La rehabilitación artificial no debiera ser considerada si los factores de estrés de origen humano siguen teniendo un impacto negativo en el arrecife. En la consideración de opciones de restauración, las autoridades administrativas deberían considerar las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los *objetivos* del proyecto de restauración?
- ¿Cuál es la *escala* del proyecto de restauración?
- ¿Cuál será el *costo* del proyecto, y es asequible?
- ¿Cuál es la tasa de éxito del método propuesto, y cuál método provee el mejor *costo-beneficio* para el área?
- ¿Cuál es la *viabilidad del proyecto al largo plazo*?
- ¿Hay oportunidad para la participación de la *comunidad local y los usuarios del arrecife*?

El monitoreo permitirá a las autoridades administrativas y a las autoridades normativas darle seguimiento a los cambios en el arrecife, y evaluar el éxito de los programas de manejo. Se debe tener cuidado de diseñar un programa que está de acuerdo con la capacidad financiera y humana disponible. In muchos casos, hay programas ya existentes que pueden ser adoptados. Mientras tanto, hay una necesidad urgente de investigación adicional que permita dar una respuesta mas amplia a preguntas fundamentales sobre los impactos ecológicos y socio-económicos del blanqueamiento de corales.

Las autoridades administrativas pueden prepararse para los blanqueamientos y aún ayudar a la recuperación del arrecife, pero la comunidad global necesita actuar ahora para enfrentar el problema del cambio climático global. La acción a todos los niveles, desde las comunidades locales y partes involucradas hasta los gobiernos nacionales y autoridades ejecutivas, es requerida inmediatamente para abordar no solamente los problemas relacionados con el blanqueamiento de coral, sino también el estado general y las dificultades que afectan a los arrecifes de coral en todas partes.

Introducción

Este folleto provee lineamientos para las autoridades administrativas, las autoridades normativas, y todos aquellos cuyas vidas están directamente ligadas al bienestar de los arrecifes de coral, y que comparten la preocupación general por la degradación de los arrecifes de coral causada por el blanqueamiento y otros impactos. Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas marinos más importantes, ya que proveen alimento y hábitat para otras especies comerciales, apoyan la industria turística, y proveen arena a las playas, y actúan como barrera contra la acción de las olas y la erosión costera. Irónicamente, el peor blanqueamiento ha tenido lugar en países con la menor capacidad y recursos para enfrentarlo, y con la más grande necesidad de arrecifes sanos que contribuyan a un desarrollo sustentable. Los expertos están preocupados de que aún reducciones menores en la productividad de los arrecifes de coral consecuencia del blanqueamiento pudiera tener consecuencias sociales y económicas (socio-económicas) negativas para las comunidades locales que dependen de los recursos provistos por los arrecifes, dado que estas comunidades frecuentemente viven por debajo de la línea de pobreza.

Afortunadamente, un incremento reciente en investigación está generando nueva información sobre los impactos potenciales, tanto ecológicos como sociales, del blanqueamiento. La continuidad de esta línea de investigación es todavía urgentemente necesaria, para que las recomendaciones futuras puedan ser hechas con mayor precisión cada vez. Mientras tanto, es posible formular estrategias generales de acción usando la información disponible hasta ahora, para dar a los arrecifes la mejor oportunidad de recuperarse y adquirir un estado saludable en el largo plazo.

Antes de discutir soluciones creativas, debemos primero recapitular el problema. El blanqueamiento extensivo que tuvo lugar en el Océano Índico Occidental en 1998 fue especialmente severo tanto en extensión como en el nivel de mortalidad coralina. Reconociendo lo significativo de este evento, y la creciente preocupación global en relación al fenómeno de blanqueamiento, los países Parte del Convenio

sobre Diversidad Biológica (CDB) refrendaron las conclusiones de una Consulta de Expertos en blanqueamiento coralino especialmente convocada (CDB, 1999).

- Los blanqueamientos extensivo de coral y mortalidad observados en 1998 parecen ser los más severos jamás documentados.
- La extensión geográfica, frecuencia creciente, y severidad de los blanqueamientos extensivos son posiblemente una consecuencia del incremento persistente en las temperaturas promedio de la superficie marina, y hay evidencia suficiente de que el cambio climático es una causa principal.
- El incremento en la temperatura del mar y el consecuente blanqueamiento y mortalidad presentan una amenaza significativa a los arrecifes de coral y a las poblaciones humanas que dependen de ellos, particularmente aquellas en los pequeños Estados insulares desarrollo.

Por supuesto, no hay cura inmediata al blanqueamiento coralino. Sin embargo, las autoridades administrativas y las autoridades normativas están en posición de proteger los recursos restantes y de estimular su recuperación. En aquellos lugares en los que ha ocurrido blanqueamiento, es cada vez más importante el manejo adecuado para reducir y eliminar todas las formas de impacto humano directo que causan daño adicional, a fin de promover las condiciones necesarias para la recuperación de los arrecifes. Estas medidas incluyen la reducción de la presión originada por la sobrepesca, el turismo, la contaminación de origen terrestre, y el desarrollo. La protección de los arrecifes vivos restantes es vitalmente importante, dado que estos jugarán un papel crucial en la recuperación local y en otras partes.

La acción a todos los niveles – local, nacional, regional y global – es esencial. Las autoridades administrativas al cargo de arrecifes necesitan en particular reconocer su papel a nivel global. Por ejemplo, el área de Indonesia central, que sobrevivió el blanqueamiento, puede ahora resultar fundamental en la recuperación de muchos de los arrecifes dañados en todo el Océano Índico, proveyendo larvas para



Corales ramificados blanqueados (*Acropora sp.*) en Mayotte, Océano Índico Occidental, en 1998.

Foto: ARVAM



Arrecife en las Maldivas, Océano Índico, antes de el blanqueamiento ocurrido en 1998.

Foto: Susie Westmacott

la colonización. Así, acciones a nivel local en Indonesia pueden tener un impacto en países y comunidades locales a cientos o miles de kilómetros de distancia.

Muchas iniciativas globales y regionales están dirigiendo ahora su atención al blanqueamiento y a la crisis que enfrentan los arrecifes de coral. Estas incluyen la Iniciativa Internacional para los Arrecifes de Coral (ICRI, por sus siglas en Inglés), y la Red Global de Monitoreo de Arrecifes de Coral (GCRMN), entre otras. El Programa CORDIO (Degradación de los Arrecifes de Coral en el Océano Índico) es un ejemplo regional, y los resultados de su trabajo han sido usado extensamente en el desarrollo de este documento.

El propósito de este folleto es el de proveer una explicación concisa de las causas y consecuencias del blanqueamiento coralino y sugerir algunas respuestas apropiadas. Usando el blanqueamiento de 1998 en el Océano Índico, examinamos este fenómeno dentro del contexto de otras causas de

degradación de arrecifes, a fin de proveer lineamientos para gestores y otras partes involucradas. También examinamos las investigaciones más recientes y las opiniones científicas sobre las tendencias anticipadas y los resultados del blanqueamiento de corales. En base a esta información, el folleto sugiere algunas medidas precautorias que pueden ser tomadas para minimizar el impacto de blanqueamientos en el futuro, y sugiere algunas acciones positivas que pueden ayudar a la recuperación de arrecifes. Parte de éstas investigaciones están aún en una etapa incipiente, por lo tanto es importante ser cuidadoso al decidir cual estrategia es la más efectiva para enfrentar problemas particulares en una localidad en particular. Las autoridades administrativas deben hacer uso de la información y recursos adicionales presentados aquí para formular una respuesta apropiada a sus necesidades específicas.

El Blanqueamiento de Corales

¿Qué es el blanqueamiento de corales?

La mayoría de los corales son animales pequeños (llamados pólipos) que viven en colonias y forman arrecifes. Ellos obtienen su alimento de dos maneras: primero, usando sus tentáculos para atrapar plancton y, segundo, por medio de algas pequeñas (llamadas *zooxanthellae*, o zooxantelas) que viven en el tejido del coral. Varias especies de zooxantelas pueden estar presentes en una especie de coral (Rowan y Knowlton, 1995; Rowan *et al.*, 1997). Ellas se encuentran generalmente en grandes números en cada pólipo, viviendo en simbiosis, dando a los pólipos color, energía producto de la fotosíntesis, y hasta un 90% de sus requerimientos de carbono (Sabens, 1987). Las Zooxantelas reciben del coral nutrientes esenciales y transfieren hasta un 95% de su producción fotosintética (energía y nutrientes) al coral (Muscatine, 1990).

En el caso de aquellos corales que forman arrecifes, la combinación de fotosíntesis por las algas y de otros procesos fisiológicos en el coral conduce a la formación del esqueleto de piedra caliza (carbonato de calcio). El lento proceso de crecimiento de estos esqueletos, primero formando colonias, y luego formando estructuras tridimensionales complejas, permite que el coral provea de albergue a un gran número de especies, muchas de las cuales son importantes para el sustento de gente en comunidades costeras.

Los corales se 'blanquean' (es decir, se tornan pálidos, blanquecinos) como resultado de una variedad de tensiones, tanto naturales como de origen humano, las cuales causan la degeneración y pérdida de las zooxantelas de los tejidos, que le daban color. Bajo condiciones normales, los números de zooxantelas pueden variar estacionalmente con las adaptaciones que experimentan los corales a consecuencia de las fluctuaciones en el ambiente (Brown *et al.*, 1999; Fitt *et al.*, 2000). El blanqueamiento puede aún ser una característica regular en algunas áreas. Durante un blanqueamiento, los corales pueden perder 60 a 90% de sus zooxantelas, y las zooxantelas restantes pueden perder 50-80% de sus pigmentos fotosintéticos (Glynn, 1996). Una vez que la fuente de estrés desaparece, los corales afectados se pueden recuperar, y los niveles de zooxantelas normalizarse.

Corte transversal de una colonia de corales y sus pólipos, mostrando tentáculos retraídos y extendidos.

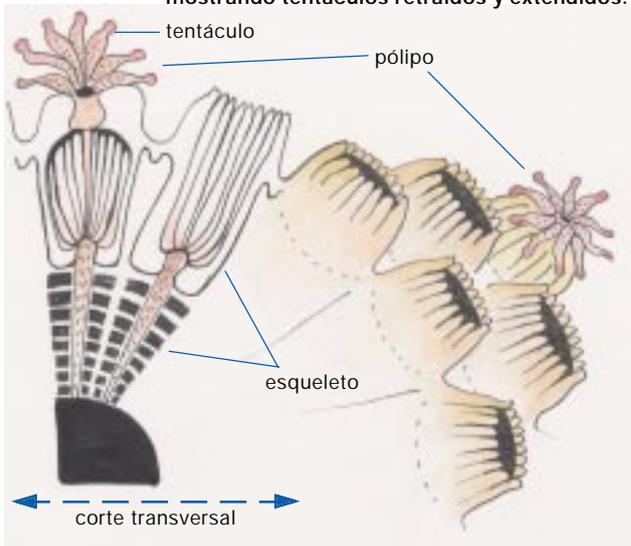


Ilustración: Virginia Westmacott



Foto: ARVAM

La punta de esta colonia coralina ramificada (*Acropora sp.*) está blanqueada pero viva; la porción inferior ha muerto y ha sido invadida por algas.

Sin embargo, esto depende de la duración y la severidad de la alteración ambiental (Hoegh-Guldberg, 1999). La exposición prolongada puede conducir a la muerte parcial o total no sólo de colonias individuales, sino también de grandes áreas de arrecife.

El mecanismo en sí de blanqueamiento es muy poco entendido todavía. Sin embargo, se piensa que en el caso de estrés térmico, el incremento en la temperatura perturba la habilidad de las zooxantelas para fotosintetizar, y puede causar la producción de sustancias químicas tóxicas que dañan las células (Jones *et al.*, 1998; Hoegh-Guldberg y Jones, 1999). El blanqueamiento también puede ocurrir en organismos que no forman arrecifes, como en el caso de los corales suaves, anémonas, y ciertas especies de la almeja gigante (*Tridacna* spp.), la cual también tiene algas simbióticas en sus tejidos. Como en el caso de corales, estos organismos también pueden morir si las condiciones conducentes al blanqueamiento son suficientemente severas.

La respuesta de blanqueamiento es muy variable. Diferentes patrones de blanqueamiento pueden ser encontrados entre colonias de la misma especie, entre diferentes especies del mismo arrecife, y entre arrecifes en una región (Brown, 1997; Huppert y Stone, 1998; Spencer *et al.*, 2000). La razón de ello todavía se desconoce, pero la naturaleza variable del estrés o la combinación de causas de



Foto: Arjan Rajasuriya

Las diferentes especies de coral difieren en su respuesta a los estreses conducentes al blanqueamiento. Esta foto fue tomada durante el blanqueamiento de 1998: la colonia a la izquierda (*Acropora sp.*) ha sido blanqueada, mientras que la de la derecha (*Porites sp.*) no.



Foto: Arjan Rajasuriya

Colonias de coral ramificado (*Acropora sp.*) blanqueadas en Sri Lanka, Océano Indico, en 1998.

estrés es probablemente responsable. además de las variaciones en las especies de zooxantelas y las densidades dentro de las colonias. Diferentes especies de zooxantelas son capaces de tolerar diferentes niveles de estrés, y algunas zooxantelas se han adaptado a especies de coral en particular. Esto también puede explicar en parte la variabilidad en el blanqueamiento que puede observarse en un solo arrecife (Rowan *et al.*, 1997).

Ya sea que mueran total o parcialmente, las colonias coralinas blanqueadas son mucho más vulnerables al sobrecrecimiento de macroalgas, enfermedades y a organismos que excavan en el esqueleto y debilitan la estructura del arrecife. Como resultado de esto, si la mortalidad es alta, los arrecifes blanqueados cambian rápidamente de una apariencia blanquecina a una apariencia opaca y café-grizacea en la medida en la que son cubiertas

por algas. En los casos en los que el blanqueamiento tiene un impacto severo, el sobrecrecimiento extensivo de algas puede impedir la recolonización por corales nuevos, alterando dramáticamente los patrones de diversidad de especies coralinas y causando una re-estructuración de la comunidad.

¿Cuáles son las causas del blanqueamiento de corales?

Las fuentes de estrés que causan el blanqueamiento incluyen generalmente temperaturas marinas inusualmente altas, niveles altos de luz ultravioleta, bajas condiciones de luz, alta turbidez y sedimentación, enfermedad, salinidad anormal, y contaminación. La mayoría de los casos de blanqueamiento en gran escala en las últimas dos décadas



Foto: Susie Westmacott

Colonia de *Agaricia sp.* en donde se observa blanqueamiento parcial en Bonaire, Mar Caribe, en 1998.

han sido relacionados a elevadas temperaturas de la superficie marnia (TSM), y en particular a los Puntos Calientes – o Hotspots, en Inglés (Hoegh-Guldberg, 1999). Un Hotspot es un área donde las TSM han excedido el máximo anual esperado (la temperatura máxima por año, promediada para un periodo de 10 años) en una localidad (Goreau and Hayes, 1994). Si un Hotspot de 1°C por encima del máximo anual persiste por diez semanas o más, es de esperarse que ocurra blanqueamiento (Wilkinson *et al.*, 1999; NOAA, 2000). Los efectos combinados de altas TSM y los niveles altos de luz solar (en longitudes de onda ultra-violeta) pueden conducir a procesos de blanqueamiento aún más acelerados por sobrepasar los mecanismos naturales del coral para protegerse de la luz intensa (Glynn, 1996; Schick *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 1998).

Los blanqueamientos a gran escala observados en los 1980s y en los primeros años de los 1990s no pudieron ser explicados completamente como una consecuencia de los factores locales de estrés, tales como circulación deficiente de agua, y fueron por posteriormente asociadas con los eventos de El Niño (Glynn, 1990). El fenómeno de El Niño más fuerte hasta ese momento fue registrado en 1983, seguido por un evento moderado en 1987, y otro fuerte en 1992 (Goreau y Hayes, 1994). El blanqueamiento de corales también ha ocurrido en años en los que no ocurre El Niño, y se ha reconocido que otros factores además de TSM altas pudieran estar implicadas, tales como viento, cobertura de nubes, y precipitación (Glynn, 1993; Brown, 1997).

Episodios de blanqueamiento en gran escala pueden frecuentemente ser atribuidos a fluctuaciones en las TSM, mientras que aquellos en menor escala ocurren frecuentemente a causa de estreses de origen humano (e.g. contaminación), que actúan en áreas más pequeñas. Cuando tanto el calentamiento como los impactos humanos directos se ocurren juntos, cada uno puede exacerbar los efectos de los otros. Si las temperaturas promedio continúan incrementando debido al cambio climático global, los corales muy posiblemente estarán sujetos a blanqueamientos más severos y frecuentes en el futuro. Por tanto, el cambio climático es posiblemente la más grande amenaza a los arrecifes en el mundo.

¿Dónde ha ocurrido el blanqueamiento de corales?

Los registros de blanqueamiento de coral se remontan a 1870 (Glynn, 1993), pero desde los 1980s, las incidencias de blanqueamiento se han vuelto más frecuentes, generalizadas y severas (Goreau y Hayes, 1994; Goreau *et al.*, 2000). En 1983, 1987, 1991 y 1995, hubo reportes de blanqueamiento en todas las áreas tropicales de los océanos Pacífico e Índico, así como en el Mar Caribe.

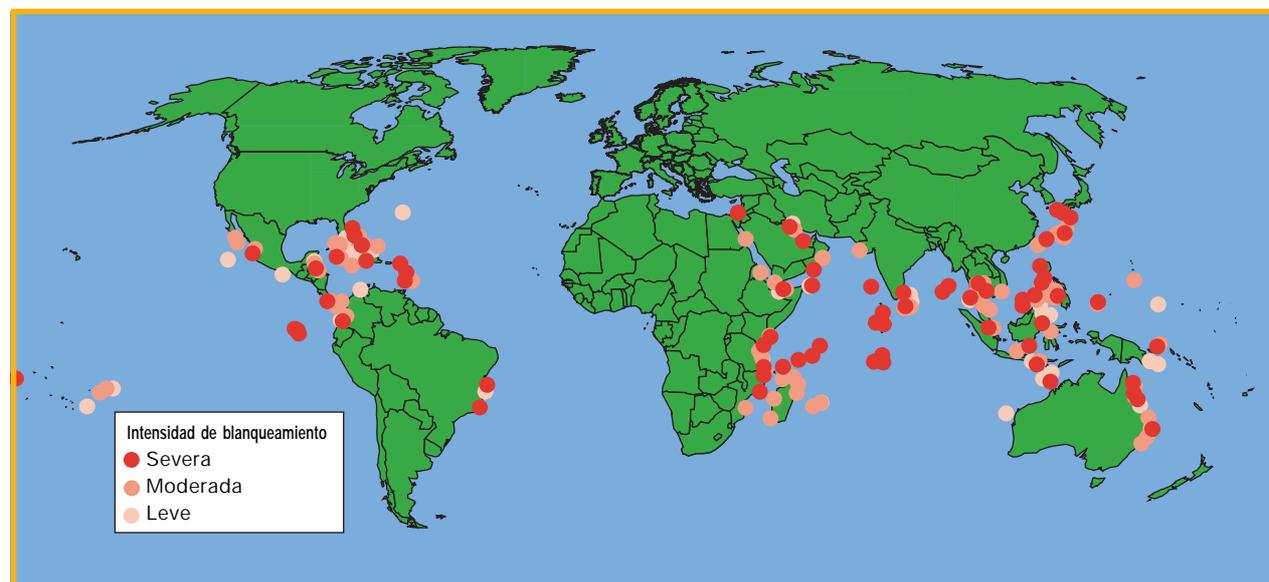
A la fecha no hay un método estándar para cuantificar el blanqueamiento coralino, y se sigue debatiendo si es que observadores inexpertos han sobre-estimado la escala y severidad de eventos recientes (Glynn, 1993). Más aún, en años recientes ha habido más observadores reportando blanqueamiento en más áreas en el mundo que nunca antes (ver Wilkinson, 1998). Sin embargo, aún durante periodos de actividad investigativa en los 1960s y 1970s, sólo 9 blanqueamientos mayores fueron registrados, comparados con los 60 eventos mayores registrados en los 12 años entre 1979 y 1990 (Glynn, 1993).

El blanqueamiento de coral de 1998 fue uno de los casos más dispersos geográficamente que jamás se haya presenciado y condujo al mayor nivel de mortandad coralina jamás registrado, especialmente en la región del Océano Índico. Las TSM se elevaron por encima de los umbrales de tolerancia de los corales por un periodo (más de 5 meses) más largo de lo que se hubiera registrado anteriormente (Goreau *et al.*, 2000; Spencer *et al.*, 2000). Los corales que forman ramificaciones fueron los primeros en ser afectados, mientras que los corales que forman estructuras masivas, los cuales aparentemente habían tolerado inicialmente las TSM extraordinariamente altas, fueron afectados una vez que la severidad de las condiciones se prolongó.

Áreas afectadas en la región del Océano Índico incluyeron grandes áreas de arrecife a lo largo de las costas de África del Este, Arabia, con excepción del norte del Mar Rojo, el Archipiélago Comoros; partes de Madagascar; las Seychelles, el sur de India y Sri Lanka, las Maldivas, y el Archipiélago de Chagos. En la mayoría de estos lugares, muchos corales no pudieron sobrevivir el evento, y la mortalidad osciló en

Distribución global de blanqueamientos, 1998–2000.

(Fuente: World Conservation Monitoring Centre, Cambridge y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)



un rango de 70 a 99% (Linden and Sporrang, 1999; Wilkinson *et al.*, 1999).

Arrecifes en la región sur del Océano Índico alrededor de Reunión, Mauricio y Sudáfrica también fueron afectadas, aunque las condiciones no fueron tan severas o prolongadas. La mayoría de los corales eventualmente retornaron a una condición saludable. Esto se atribuyó a las condiciones de monzón que prevalecían en ese momento, lo cual causó que las nubes redujeran los niveles de incidencia de la luz solar (y por tanto ultravioleta) que afectaban a los corales de aguas superficiales (Turner *et al.*, 2000a).

El Pacífico oriental fue la primera área en ser afectada, comenzando en Septiembre de 1997, y las condiciones fueron las más severas que esta región ha experimentado desde que existen registros de este tipo. Las TSM permanecieron por encima del umbral por más de 5 meses (Goreau *et al.*, 2000). Es interesante notar que aquellas áreas que se habían recuperado de blanqueamientos anteriores en 1983, 1987, 1992, 1993 y 1997, sobrevivieron este evento reciente, mientras que aquellas áreas afectadas que no habían sido anteriormente afectadas fueron severamente afectadas en esta ocasión (Goreau *et al.*, 2000).

En el Pacífico Occidental, las TSM permanecieron por encima del umbral por más de cinco meses en algunos lugares. Partes de la Gran Barrera de Coral fueron blanqueadas, con una mortalidad de coral de hasta 70 y 80% en algunos sitios (Goreau *et al.*, 2000), mientras que en otros sitios las mortalidades fueron de 17% o menos (Wilkinson, 1998). Algunos arrecifes en Filipinas, Papua Nueva Guinea, e Indonesia también sufrieron, aunque muchos arrecifes en

Indonesia central sobrevivieron debido al surgimiento de aguas profundas menos calientes.

En el Caribe y el Atlántico Norte, el blanqueamiento alcanzó valores extremos durante Agosto y Septiembre de 1998, con temperaturas acuáticas anormalmente altas durante 3 a 4 meses (Goreau *et al.*, 2000). El daño subsecuente causado por huracanes en algunas zonas pudo haber incrementado la severidad de este impacto (Mumby, 1999). Los reportes indican que 60 a 80% de las colonias fueron afectadas, pero en muchos casos, el blanqueamiento fue seguido por una recuperación sustancial (Goreau *et al.*, 2000).

Esta revisión del blanqueamiento de 1998 subraya lo variable que puede ser el blanqueamiento en términos de extensión geográfica, severidad regional, y aún en términos de fragmentación en la pequeña escala. La cantidad de blanqueamiento – comparado con la cantidad de mortalidad – también puede ser muy variable aún en un sistema de arrecife en particular. Ejemplos en los casos del Caribe y el sur del Océano Índico indican que el blanqueamiento extensivo en algunas ocasiones puede ser seguido por una recuperación significativa. Aún tenemos mucho por aprender sobre estos patrones de variabilidad y acerca de la naturaleza del fenómeno de blanqueamiento. Nuestro reto aquí, sin embargo, es el de usar el conocimiento existente sobre la ecología de los arrecifes coralinos y las mejores prácticas de manejo para desarrollar estrategias para la maximización del número de recuperaciones ‘exitosas’ en el futuro. A fin de lograrlo, debemos primero considerar otras amenazas a las que están sujetas los arrecifes de coral, de tal modo que estas puedan ser consideradas en relación con el fenómeno de blanqueamiento.

Otras Amenazas a los Arrecifes

El blanqueamiento causado por el cambio climático no es la única amenaza a los arrecifes de coral. Los científicos y las autoridades administrativas han estado preocupados por varios años de que el creciente estrés introducido por las actividades humanas está contribuyendo a la disminución de los arrecifes a nivel mundial (Brown, 1987; Salvat, 1987; Wilkinson, 1993; Bryant *et al.*, 1998; Hodgson, 1999). Estimaciones recientes indican que 10% de los arrecifes del mundo están degradados más allá del punto de recuperación, y otro 30% posiblemente se verá disminuído significativamente en los próximos 20 años (Jameson *et al.*, 1995). En 1998, un análisis de amenazas potenciales de origen humano (desarrollo costero, sobreexplotación y prácticas pesqueras destructivas, contaminación de origen terrestre y erosión, y contaminación marina) indicó que 27% de los arrecifes están en alto riesgo, y 31% más, están en riesgo intermedio (Bryant *et al.*, 1998). Estas amenazas son en gran medida el resultado del incremento en el uso de los recursos costeros por una población costera que se expande rápidamente, y de una falta de planeación y manejo adecuados.

Los arrecifes que están ya bajo estrés debido a actividades humanas puede volverse más susceptibles al blanqueamiento cuando se desarrollan HotSpots, dado que los corales debilitados pueden carecer de la capacidad para resistir el estrés adicional originado por el incremento en la temperatura

de la superficie marina. Además, aún después de que las TSM regresan a niveles normales, las condiciones de estrés de origen humano pueden inhibir el establecimiento y el crecimiento de corales nuevos. De hecho, arrecifes que ya han sido expuestos persistentemente a trastornos antropogénicos frecuentemente muestran poca capacidad de recuperación (Brown, 1997). Por otra parte, un arrecife que no está estresado por actividades humanas puede tener mayores oportunidades de recuperación, dado que las condiciones ambientales serán más semejantes a las óptimas para el establecimiento y crecimiento de corales.

Históricamente, los arrecifes de coral se han podido recuperar de disturbios naturales ocasionales (e.g. huracanes, invasión de predadores, y enfermedades). Son los disturbios de origen humano, persistentes y crónicos, resultan más dañinos actualmente. Esto subraya la importancia de eliminar tantos impactos negativos directos como sea posible, para dar la mejor oportunidad de recuperación a un arrecife bajo riesgo de blanqueamiento. Esos impactos resultan de una serie de actividades, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Desarrollos costeros residenciales, de divertimento, hoteleros, industriales, portuarios y desarrollo de marinas, que frecuentemente involucran reclamación de

La pesca con explosivos ocurre en muchas partes del mundo, destruyendo arrecifes sistemáticamente.



Foto: Lida Pet-Soede

Lagunas y zona superficiales de arrecife son destruidas en programas de reclamacion de tierra, particularmente en islas en las que el terreno es escaso.



Foto: Susie Westmacott

Desarrollos hoteleros mal planeados, como este en el Mar Caribe, frecuentemente conducen a la erosión y daño a los arrecifes.



Foto: Susie Westmacott

Descarga de desechos y otras formas de contaminación son una amenaza importante para los arrecifes de coral.



Foto: Susie Westmacott

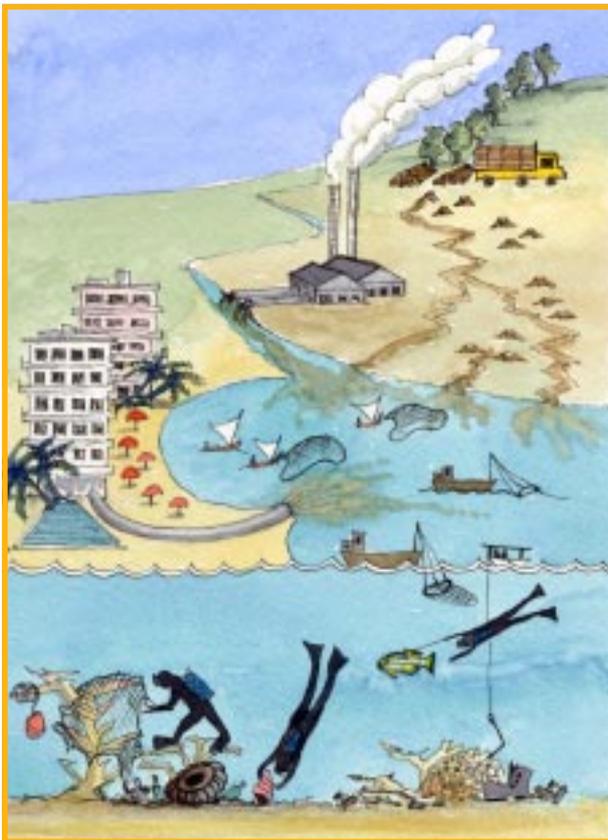


Ilustración: Virginia Westmacott

La variedad de amenazas a los arrecifes de coral por actividades humanas.

tierra y dragado. Esto puede incrementar la sedimentación (que reduce la luz y sofoca a los corales) y causar daño físico directo a los corales.

- El manejo insostenible de cuencas fluviales y terrenos costeros adyacentes, incluyendo deforestación, agricultura inadecuada, y otros usos inadecuados de la tierra, conduce al desague de pesticidas (que puede envenenar organismos de arrecife), fertilizantes (que puede causar sobrecarga de nutrientes), y sedimento.
- La sobre-explotación puede causar una variedad de cambios en un arrecife. La sobrepesca de especies que se alimentan de algas puede resultar en el sobrecrecimiento de las algas, la sobrepesca de especies clave, que juegan un papel particular en el ecosistema del arrecife pueden resultar en la sobrepoblación de otras especies en algún otro punto de la cadena alimenticia.
- Las prácticas pesqueras destructivas, tales como la pesca con dinamita y el uso de redes agalleras y corraleras puede causar daño físico extensivo al arrecife y resultar

en la mortalidad de un alto porcentaje de peces inmaduros (es decir, los peces adultos del futuro). El uso de cianuro y otros venenos para capturar peces de acuario también tiene un impacto negativo.

- La eliminación de desechos de origen industrial y municipal conduce a un incremento en el nivel de nutrientes y toxinas en los arrecifes. La descarga de aguas residuales directamente en el océano causa una sobrecarga de nutrientes y el crecimiento excesivo de algas. Desechos ricos en nutriente provenientes de aguas residuales y otras fuentes son particularmente dañinos, dado que ellos producen un cambio gradual pero importante en la estructura del arrecife. Las altas pueden eventualmente dominar en el arrecife y excluir a los corales (Done, 1992; Hugues, 1994).
- Actividades navieras pueden afectar a los arrecifes con derrames de aceite y descarga de balastro. Aunque las consecuencias son menos conocidas, estas pueden ser significativas a nivel local. El daño físico directo puede provenir de navíos anclados en los arrecifes, y de encallamientos accidentales.
- Otras muchas actividades que ocurren directamente en los arrecifes causan daño físico a los corales y por tanto afectan la integridad estructural del arrecife. Este tipo de daño frecuentemente ocurre en minutos, pero toma varios años en recuperarse. Además ser causado por las actividades mencionadas previamente, este tipo de daño puede también ser causado por el pisoteo y aplastamiento de corales por los colectores de conchas y otros organismos en las zonas planas y superficiales en las zonas de arrecife, y por buzos que se paran sobre corales.

Afortunadamente, estas amenazas que pueden ser controladas por autoridades administrativas y normativas con el poder para reducirlas o controlarlas. En muchas localidades, los arrecifes de coral pueden enfrentar varias de estas amenazas, todas las cuales pueden estar actuando simultáneamente y con varios grados de impacto. Por tanto, será importante analizar cuidadosamente la situación en cada localidad a fin de establecer prioridades y desarrollar un plan de acción efectivo. Las autoridades administrativas y normativas deben identificar aquellos impactos de origen humano cuya eliminación o reducción sea más fácil y tenga los mayores efectos positivos en el arrecife. Esto involucrará la consideración de la capacidad disponible y el financiamiento de estructuras administrativas existentes, así como el análisis de la posibilidad de recuperación del arrecife después del blanqueamiento y otras formas de daño, tanto en el presente como en el futuro. Por tanto, antes de pasar a discutir opciones de manejo estratégico, necesitamos considerar la perspectiva general de los arrecifes de coral en el futuro.

¿Qué Nos Espera en el Futuro?

Los trastornos mayores a los arrecifes, ya sean localizados o globales, presentan interrogantes sobre el futuro de los arrecifes de corales:

- ¿Se recuperarán los arrecifes de una mortalidad masiva, y de ser así, cuando?
- ¿Cuál será la apariencia de los arrecifes en el futuro?
¿Será semejante a la apariencia actual?
- ¿Qué podemos esperar del cambio climático global?
- ¿Sucederá de nuevo este trastorno?

Estas son preguntas difíciles, pero la investigación actual está comenzando a proveer algunas respuestas.

Potencial de recuperación de los arrecifes de coral

El potencial de recuperación de los corales se define como la capacidad de una colonia individual, o de un sistema de arrecife (incluyendo todos sus habitantes), para absorber los impactos del ambiente y mantener su habilidad para recuperarse y desarrollarse (Moberg and Folke, 1999). Tal parece que los impactos negativos severos o prolongados pueden reducir progresivamente el potencial de recuperación a impactos subsecuentes. Esto puede inhibir la recuperación de los arrecifes de coral después de algún trastorno, y puede conducir a un cambio de un sistema dominado por corales a uno dominado por algas (Done, 1992; Hughes, 1994). La

investigación sobre el potencial de recuperación de los arrecifes de coral y sus habitantes está aún en proceso, dado que se sabe muy poco sobre las tasas de recuperación de las otras poblaciones de especies además de los corales (McClanahan *et al.*, inédito). Mientras tanto, una meta lógica para las autoridades administrativas y normativas es emplear principios básicos de uso sustentable y manejo apropiado a fin de conservar el potencial de recuperación. Estos principios son medidas proactivas para maximizar la resistencia de una colonia o un arrecife a los trastornos, y reforzar el potencial para una recuperación máxima después de que el trastorno ha pasado.

La historia de los trastornos infringidos sobre un arrecife contribuye a determinar su estructura dado que los arrecifes son sistemas dinámicos por naturaleza. Durante la recuperación, las especies interactúan y cambian sus niveles de abundancia y su papel dentro de la estructura de la comunidad. Por tanto, los arrecifes pueden desarrollarse y formar comunidades sustancialmente diferentes a aquellas anteriores a un efecto de blanqueamiento, y sin embargo ser ecosistemas diversos y prósperos.

El regreso de un ecosistema de arrecife a un estado funcional después de una mortalidad masiva por blanqueamiento dependerá de la reproducción y recolonización exitosas de los corales remanentes y de corales de poblaciones fuente exteriores (ver Done, 1994, 1995). Los corales se pueden reproducir tanto sexual como asexualmente. La reproducción sexual involucra la



Foto: Susie Westmacott



Foto: Ben Stobart

Juveniles de coral creciendo en un área de coral muerto en un arrecife dañado (Izquierda, Bonaire, Mar Caribe; derecha, Seychelles).

fertilización de los huevos de coral por espermatozoides. Las larvas resultantes están adaptadas para su dispersión, y dependiendo de la especie y las condiciones prevalecientes, pueden proveer repoblar el arrecife en el que se originaron, o arrecifes adyacentes, o incluso arrecifes a cientos de kilómetros de distancia (Richmond, 1997). La dispersión requiere de corrientes oceánicas adecuadas para repoblar arrecifes localizados en dirección de las corrientes. Esto es esencial para el mantenimiento de la diversidad genética entre las poblaciones de corales y los arrecifes.

El reclutamiento es el proceso por el cual los corales juveniles (también llamados *reclutas*) pasan por el proceso de establecimiento de la larva y de metamorfosis, para pasar a formar parte de la población adulta y de la comunidad de arrecife. Al establecerse, las larvas de coral abandonan la columna de agua una vez que han encontrado un sustrato adecuado; la disponibilidad de sustrato es un factor crítico para el reclutamiento exitoso. Los buenos sitios de establecimiento suelen tener las siguientes características (Richmond, 1997).

- Un tipo de fondo estable – el sustrato no debe consistir de sedimentos sueltos o material no consolidado.
- El movimiento de agua en el sitio de establecimiento debe ser de mínimo a calmado, aunque bajo ciertas condiciones, condiciones de movimiento de agua alto pueden favorecer el crecimiento.
- La salinidad generalmente debe ser mayor que 32 ‰ y menor que 38–40 ‰.
- Una buena fuente de luz para la actividad fotosintética de las zooxantelas.
- Baja concentración de sedimentos en la columna de agua (idealmente agua clara) para reducir las posibilidades de sofocamiento y para la transmisión adecuada de luz.
- Ausencia de macroalgas (algas grandes) que competirían por espacio con los corales e inhibirían el establecimiento de las larvas.

Una vez establecido, el coral tiene que competir con otros organismos de crecimiento rápido tales como algas e invertebrados sésiles, y evitar la predación. La ausencia de actividad reproductiva (por ejemplo, si todos los corales sexualmente maduros en un arrecife mueren por blanqueamiento) y reclutamiento local probablemente disminuirá la recuperación de corales severamente dañados (Richmond, 1997). Sin embargo, la cobertura de coral puede también recuperarse eventualmente a través de reproducción asexual.

Los arrecifes de coral se han prosperado en condiciones climáticas, de temperatura, UV, y patrones de corriente en el pasado.



Ilustración: Virginia Westmacott

La reproducción asexual ocurre cuando fragmentos de coral se desprenden de la colonia madre, debido generalmente a un impacto físico, como por ejemplo, por la acción de las olas o alguna tormenta. Los fragmentos son muy vulnerables al daño físico y pueden perder fácilmente la fina capa de tejido vivo si son rodados contra el fondo por el movimiento del agua. Sin embargo, si el fragmento cae en un sustrato adecuado, es posible que se fije y desarrolle una colonia nueva.

Un arrecife en el que la mayoría de los corales han muerto, pero que ha retenido su estructura, puede todavía proveer un sustrato estable y adecuado para que reclutas y fragmentos se establezcan de nuevo y crezcan. Así, el mantenimiento de corales muertos es importante. Los corales muertos son vulnerables a la actividad de organismos que excavan en su interior, debilitando la estructura del arrecife. Olas fuertes y tormentas pueden causar daños mayores a arrecifes en ese estado, transformando lo que antes era una estructura compleja en un pedregal, inadecuado para el asentamiento de corales. Sin embargo, las algas rojas coralinas pueden ayudar a reforzar el arrecife, reduciendo las rupturas y proveyendo un sustrato adecuado para el establecimiento de larvas.

El cambio climático global y los arrecifes de coral

En los últimos 200 millones de años, los arrecifes se han adaptado a numerosos cambios. Sin embargo, durante la mayor parte de este período no ha habido influencia humana. Los arrecifes enfrentan ahora una combinación de amenazas debido a la explotación, a la contaminación y especialmente al cambio climático global. Todas estas amenazas están aumentando, y las actividades humanas están causando la aceleración del cambio climático global de forma tan acelerada que pueden dificultar la adaptación de los arrecifes.

El cambio climático global puede ejercer principalmente seis impactos en los arrecifes de coral:

1. Aumento del nivel del mar

La mayoría de los arrecifes no estresados debería ser capaz de mantenerse a la par con el incremento esperado en el nivel del mar, que se espera sea de aproximadamente 50 cm para el año 2100 (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 1995). Las áreas planas de arrecife expuestas a aguas superficiales, lo cual limita su crecimiento

El incremento en la temperatura de la superficie marina, propensión a tormentas, niveles de UV y dióxido de carbono, así como cambios en los patrones de corriente resultado del calentamiento global amenazan ahora a los arrecifes de coral.

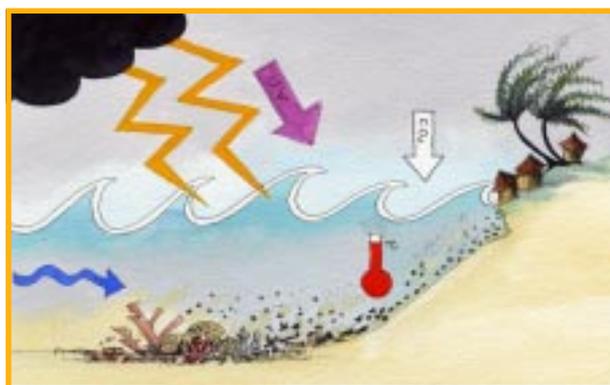


Ilustración: Virginia Westmacott

vertical, pueden beneficiarse significativamente de tal incremento. Sin embargo, los corales debilitados por un incremento en la temperatura u otros factores (ver abajo) posiblemente no sean capaces de crecer y construir esqueletos con la rapidez 'normal'. De ser así, las islas poco elevadas no podrán beneficiarse de la protección que los arrecifes de coral les brindan contra la acción de las olas y las tormentas. Este es un asunto preocupante para naciones como las Maldivas en el Océano Índico, y Kiribaty y las Islas Marshall en el Océano Pacífico, donde las masas terrestres tienen una altura promedio de menos de tres metros sobre el nivel del mar.

2. Aumento en la temperatura

Para el año 2100 se espera que la temperatura del mar haya incrementado de 1 a 2°C (Bijlsma *et al.*, 1995). Muchas áreas los trópicos ya han experimentado un incremento de 0.5°C en las últimas dos décadas (Strong *et al.*, 2000). Aunque éstos cambios son aparentemente pequeños, en realidad ellos representan una mayor posibilidad de que las temperaturas excedan los niveles de tolerancia normales durante los periodos más calientes de las normales fluctuaciones estacionales. Esto derivaría en una mayor frecuencia de blanqueamientos (Hoegh-Guldberg, 1999). Un incremento en la temperatura puede significar que áreas que ahora se encuentran fuera del rango adecuado para el crecimiento de arrecifes de coral se volverán adecuadas para el crecimiento de corales, resultando en un reacomodo en la distribución geográfica de las poblaciones que forman arrecifes. Sin embargo, todavía tomará algún tiempo antes de que esto pueda ser confirmado y, en caso de ser cierto, hay otros factores ambientales en latitudes mayores que pueden ser contraproducentes para el crecimiento de arrecifes. Más aún, las elevadas TSM afectan la sensibilidad de las zooxantelas, de modo que la luz que es esencial para la fotosíntesis causa daño a las células (Hoegh-Guldberg, 1999). Por tanto, los corales pueden volverse más vulnerables a mayores niveles de radiación UV debido a la reducción de la capa de ozono.

3. Tasas de calcificación reducidas

Las emisiones mundiales de gases causantes del efecto invernadero han incrementado las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera y en los océanos a un nivel que puede reducir gradualmente la capacidad de los corales para crecer a través de procesos normales de calcificación. Las concentraciones altas de dióxido de carbono incrementan la acidez del agua, lo cual reduce las tasas de calcificación de los corales. Se espera que las

tasas de calcificación decrezcan aproximadamente de un 14 a un 30% para el año 2050 (Hoegh-Guldberg, 1999). Esto reducirá la capacidad de los arrecifes para recuperarse de eventos tales como el blanqueamiento de corales así como limitar su capacidad para mantener su ritmo de crecimiento a la par con el incremento en el nivel del mar y cambios ecológicos.

4. Patrones de circulación oceánica alterados

Si se desarrollan cambios en la circulación oceánica a gran escala, estos pueden alterar el transporte y la dispersión de las larvas de corales (Wilkinson y Buddemeier, 1994). Esto puede impactar el desarrollo y la distribución de arrecifes a nivel mundial.

5. Mayor frecuencia de eventos climáticos severos

Alteraciones en los patrones anuales atmosféricos podría resultar en cambios en la frecuencia e intensidad de tormentas y ciclones, así como en cambios en los patrones de precipitación. Un incremento en las tormentas puede causar un mayor daño no solo a los arrecifes, sino también a las comunidades costeras.

Si las tendencias continúan de acuerdo a las predicciones, el blanqueamiento de corales será un fenómeno regular dentro de 30–50 años (Hoegh-Guldberg, 1999). La mayor frecuencia de blanqueamiento forzará a los corales a adaptarse. Esta adaptación puede ocurrir de dos maneras:

- La fisiología de los corales puede volverse más tolerante a altas temperaturas.
- La mortandad de poblaciones o especies de corales y zooxantelas incapaces de tolerar las mayores temperaturas – con la consecuente desaparición de éstas especies (Warner *et al.*, 1996; Hoegh-Guldberg, 1999).

Mayor información sobre los posibles escenarios de adaptación puede obtenerse en Hoegh-Guldberg (1999).

Sin embargo, los arrecifes en general son ecosistemas durables, tal como lo demuestran los registros geológicos. Trastornos mayores en el pasado han resultado en la desaparición de varias especies de coral, pero otras han sobrevivido y evolucionado en especies nuevas. Las estructuras fósiles de coral son visibles frecuentemente en acantilados, algunas veces a grandes distancias tierra adentro. Evidentemente, los arrecifes han sufrido cambios enormes en estructura y composición a través del tiempo (Veron, 1995). Por tanto, un manejo adecuado de los arrecifes – aún aquellos que han sido severamente dañados – es una actividad de mucha importancia, que puede marcar la diferencia en favor de la sobrevivencia de estos sistemas tan longevos.

¿Por Qué Manejar Arrecifes Dañados?

Las autoridades administrativas y partes involucradas en el manejo de arrecifes están más y más interesados en qué hacer con arrecifes blanqueados o dañados. Algunas preguntas comunes en este respecto son:

- ¿Qué acciones deberían emprender para favorecer y acelerar la recuperación de arrecifes después de un evento de mortalidad de corales por blanqueamiento?
- ¿Cómo convencer a las autoridades normativas y las agencias gubernamentales sobre la importancia de mantener parques marinos y esfuerzos de conservación en arrecifes deteriorados por blanqueamiento?

- ¿Deberían invertir en un proyecto de rehabilitación de arrecifes que puede resultar caro y riesgoso?
- ¿Qué impactos socio-económicos tendrá el blanqueamiento, y cómo pueden mitigarse esos impactos?
- ¿Cómo prepararse para blanqueamientos futuros?

Como se ha descrito en secciones anteriores, los arrecifes dañados tienen un potencial para recuperarse. Los arrecifes de coral han sido dañados en el pasado por huracanes, tormentas y actividades humanas, pero se han recuperado una vez que el impacto ha sido reducido o ha desaparecido.



Un arrecife 'sano' puede mantener una diversidad de peces de arrecife - Turks y Caicos, Mar Caribe.

Foto: Edmund Green

Cuadro 1. Recuperación después de una invasión de la estrella de mar 'Corona de Espinas'.

La estrella de mar *Acanthaster planci*, conocida por el nombre común de Estrella 'Corona de Espinas' (o COTS, por sus siglas en Inglés) ha devastado grandes áreas en la Gran Barrera de Coral (GBC) Australiana, así como en otros arrecifes en el Pacífico. El primer registro de una sobrepoblación (o explosión) de la COTS (miles o decenas de miles) se remonta a los 1950s, cuando un gran número de estrellas de mar fue observado en las Islas Ryukyu, en Japón. Poco tiempo después, en los primeros años de los 1960s, algunas explosiones fueron reportadas en Green Island y en varias áreas contiguas a la GBC. Cuando las explosiones de COTS ya estaban ocurriendo más al sur en los arrecifes de la costa de Townsville diez años más tarde, la parte norte de la GBC ya se estaba recuperando. Se temía que la estructura del arrecife sería totalmente destruida, exponiendo la región norte de la costa de Queensland a mayores niveles de efecto de las olas y erosión. Esto no ocurrió. Mientras que las explosiones de la COTS destruyeron algunos corales individuales, éstas no destruyeron el arrecife mismo. Durante la última invasión a finales de los 1970s y principios de los 1980s, la estrella había afectado aproximadamente 17% de los 2900 arrecifes que constituyen la GBC. De esos, se considera que sólo 5% sufrió invasiones severas.

Estudios subsiguientes, llevados a cabo en la GBC y en Guam, indicaron que la cobertura de coral tardó de 12 a 15 años en regresar a los niveles previos a la invasión. Aunque la cobertura de coral se recuperó después de éste período, la composición de las comunidades de coral había cambiado, y los arrecifes estaban ahora compuestos en gran parte de especies de crecimiento rápido (e.g. *Acropora*). Se espera que la recuperación de la composición y la diversidad originales tomará mucho más tiempo dado que el reemplazamiento de los corales longevos, masivos, de crecimiento lento (e.g. *Porites*) toma aproximadamente 500 años en el caso de individuos grandes. Sin embargo, se espera que la recuperación total se lleve a cabo de no haber más trastornos.

Fuente: Bradbury y Seymour (1997), CRC Reef Research (1997) y Moran (1997)

Estrella Corona de Espinas.



Foto: Edmund Green

Cuadro 2. Recuperación del arrecife de coral en Kaneohe Bay, Hawai.

La Bahía de Kaneohe, en Hawai, es un buen ejemplo del potencial de recuperación de un sistema de arrecife que ha sufrido persistentemente impactos de origen humano. Este ejemplo demuestra que la recuperación es posible una vez que la causa primaria de trastorno es reducida. Entre los 1940s y los 1970s la zona estuvo sujeta a una creciente erosión del suelo, sedimentación, dragado, canalización de arroyos y descarga de aguas residuales. Una variedad de impactos, incluyendo inundación con agua dulce y deslave por erosión, así como cambios en el uso de la tierra dañaron los arrecifes de coral en la bahía.

Después de veinticinco años de descarga, dos salidas de drenaje fueron desviadas de la bahía en 1977 y 1978. Consecuentemente, el fondo marino dominado por un alga verde conocida como 'alga burbuja' (*Dictyosphaeria cavernosa*) y por organismos filtradores, cambió a un hábitat más semejante a los 'jardines de coral' descritos por visitantes anteriormente. La cobertura de coral se duplicó en los siguientes 15 años. Aunque la recuperación ha sido más lenta desde entonces, la historia de la bahía Kaneohe Bay ilustra lo bien que un arrecife se puede recuperar una vez que el estrés antropogénico es reducido.

Fuente: Hunter y Evans (1995)

Este potencial de recuperación es una característica muy conveniente, dado que el sustento de mucha gente depende de los arrecifes. La economía de las Maldivas, por ejemplo, se ha basado tradicionalmente en pesquerías y turismo, actividades que están directamente ligadas a los arrecifes, los cuales han sido severamente dañados por blanqueamiento. Por lo tanto, hay razones muy fuertes para continuar el manejo de los arrecifes, a fin de:

- Asegurar las condiciones óptimas para la recuperación.
- Asegurar pesquerías de arrecife sustentables.
- Asegurar la continuación de la industria turística.

La recuperación del arrecife variará de un arrecife a otro de acuerdo con el conjunto característico de circunstancias en cada localidad. Bajo condiciones adecuadas, los arrecifes bien pueden volver a ser comunidades diversas y prósperas, y proveer beneficios directos a las pesquerías, el turismo, y la recreación, y beneficios indirectos tales como la protección costera y la investigación científica (ver Cuadro 1).

El manejo adecuado puede ayudar, ya sea reduciendo los impactos negativos, tales como los ocurridos en Kaneohe Bay en Hawai (ver Cuadro 2), o mejorando las condiciones para la recuperación. La recuperación sólo ocurrirá si los estreses adicionales originados por las actividades humanas pueden ser reducidos. Las condiciones óptimas para la máxima recuperación de un sistema de arrecife incluyen:

- Una superficie sumergida sólida y libre de algas, en la cual las larvas de coral puedan establecerse y crecer.

Cuando los corales mueren después de un blanqueamiento, la roca remanente es un sustrato potencial para nuevos reclutas.

- Un área libre de sobrepesca, sedimentación, contaminantes, fertilizantes, aguas residuales no tratadas, y cualquier otro insumo que pueda impedir el crecimiento y afectar la sobrevivencia de los reclutas de coral. La buena calidad del agua y la disminución de los impactos físicos facilitará el reclutamiento coralino y el crecimiento.
- La existencia de corales sexualmente maduros en un área para proveer nuevas larvas. La capacidad de los arrecifes no afectados, lejos de los arrecifes afectados, para proveer larvas dependerá de corrientes oceánicas adecuadas y de la salud general de los arrecifes proveedores. Cualquier coral remanente será también una invaluable fuente de larvas para la zona.
- La protección contra la sobrepesca, a fin de mantener una población de peces saludable; los peces herbívoros se alimentarán de algas grandes y mantendrán al coral muerto disponible como sustrato para la colonización por corales nuevos.

Estas condiciones pueden ser maximizadas a través de una planeación y un manejo cuidadosos. Usando la información que hemos presentado hasta el momento, podemos ahora hablar sobre las estrategias de conservación en el contexto de áreas marinas protegidas, pesquerías, turismo, y manejo costero integral.

Las Áreas Protegidas Marinas y Los Arrecifes Dañados

A pesar de la mortalidad que ocurre durante blanqueamientos, particularmente en 1998, nunca ha habido una eliminación total de todos los corales vivos en algún área. Colonias dispersas y pequeños parches de arrecife han sobrevivido aún en los casos más severos. Más aún, se ha observado frecuentemente nuevos reclutas tan sólo algunos meses después del evento. Esto provee un punto de partida para la recuperación de los arrecifes y una esperanza para el futuro.

El papel de las áreas protegidas marinas

Las Áreas Protegidas Marinas (APM) pueden jugar un papel crecientemente importante en la conservación y manejo de los arrecifes ya que:

- Protegen áreas de coral no dañado que serán proveedores de larvas, y por lo tanto un apoyo fundamental para la recuperación.
- Protegen áreas que tienen una menor vulnerabilidad a *HotSpots* futuros debido a, por ejemplo, surgimiento de aguas frías.
- Protegen áreas libres de impactos antropogénicos y tienen por tanto sustrato adecuado para el establecimiento y crecimiento de coral.
- Aseguran la función proveedora de los arrecifes para las comunidades locales que dependen de ellos.

Áreas en las que los corales han logrado sobrevivir a un evento de aguas tibias serán de importancia fundamental para la provisión de larvas para la repoblación de áreas degradadas. Los arrecifes que tienen la capacidad de proveer larvas son generalmente conocidos como arrecifes *fuelle*, a diferencia de los arrecifes que reciben las larvas a través de corrientes oceánicas, y que a veces reciben el nombre de arrecifes *destino*. Algunos arrecifes pueden ser *destino* en alguna ocasión, y *fuelle* en otra, cuando por ejemplo las corrientes de monzón cambian de dirección en diferentes estaciones.

Los arrecifes *fuelle* necesitan estar 'corriente arriba' de los arrecifes dañados si es que las corrientes oceánicas han de jugar un papel en el transporte de larvas para la recuperación del arrecife. Parches de coral vivo en arrecifes dañados pueden también actuar como *fuelle* de coral vivo. Estos corales

pueden haber sobrevivido debido a que: están en zonas más profundas en el arrecife, en las que la temperatura cambió menos, en lagunas, donde pueden estar ya acostumbrados a grandes fluctuaciones diarias en la temperatura; o protegidos por fenómenos oceánicos específicos, tales como el resurgimiento de aguas frías profundas. Es necesario identificar estas fuentes potenciales de larvas, a fin de manejarlas adecuadamente y protegerlas de daños futuros, particularmente en lugares en los que los daños son de origen humano, a fin de facilitar la recuperación e incrementar el potencial de recuperación de colonias individuales o de sistemas de arrecife en general.

Hay varios factores que determinan si un arrecife es una buena fuente de larvas de coral:

- La presencia de colonias grandes de coral que pueden producir grandes cantidades de larvas.
- Diversidad alta de corales, que puede aumentar las posibilidades de una colonización rápida por especies de crecimiento rápido, y después por especies de crecimiento lento.
- La presencia mínima de impactos de origen humano, de tal modo que la posibilidad de reproducción de los corales y la sobrevivencia de las larvas sean maximizadas.
- El resurgimiento de aguas profundas, lo que favorecerá el transporte y la supervivencia de larvas de coral.
- La presencia de vientos prevalecientes y corrientes oceánicas que pasen por arrecifes *fuelle* hacia arrecifes deteriorados (*destino*).

Acciones de manejo

1. Identificar áreas de arrecife con el menor daño y revisar esquemas de zonamiento y fronteras.

Estudios de arrecifes con APM deben ser llevados a cabo de manera urgente, para identificar aquellos sanos y que podrían contribuir a la recuperación del área general. En los casos en los que esos sitios estén protegidos inadecuadamente, se debe dar consideración a la posibilidad de revisar los esquemas de zonamiento y/o las fronteras del APM. Podría ser necesario crear zonas nuevas o cambiar las fronteras del APM, siempre que la legislación tome esto en cuenta. También podría ser necesario crear

Áreas de coral vivo actuarán como fuente de larvas para áreas afectadas por blanqueamiento.



Ilustración: Virginia Westmeccott



El Parque Marino Ste Anne en las Seychelles es una de las varias áreas marinas protegidas que dañadas por el blanqueamiento de 1998.

Foto: Susie Westmacott.

Cuadro 3. Efecto del blanqueamiento de coral en Areas Protegidas Marinas en las Seychelles.

El blanqueamiento de corales tuvo un impacto severo en las APM en las Seychelles, y en la mayoría de los arrecifes en las islas interiores el coral vivo disminuyó a menos del 10% (Turner *et al.*, 2000b). Actualmente, el financiamiento para el manejo del parque depende por completo de las cuotas pagadas por los visitantes y por tanto, si el número de visitantes decrece, el ingreso para las Autoridades de los Parques Marinos también decrecerá.

El número de visitantes a los parques marinos Ste Anne y Curieuse ha decrecido desde 1996 (i.e., desde antes del blanqueamiento). Las Autoridades de los Parques Marinos están ahora considerando nuevos atractivos para los visitantes, a fin de asegurar un ingreso suficiente para el mantenimiento de los parques. Los centros de visitantes están siendo planeados, las áreas de pic-nic están siendo mejoradas, y se están construyendo corrales de criadero de la tortuga terrestre gigante de Aldabra. Además, actividades terrestres en las APM – tales como veredas naturales, y actividades de observación de aves – están siendo expandidas. Algunos arrecifes se están recuperando, pero el manejo efectivo del parque será un factor esencial para la continuación de este proceso.

Fuente: Westmacott y Lawton (2000)

áreas protegidas completamente nuevas para arrecifes sanos que no estén actualmente dentro de algún APM, al menos como medida temporal, durante la recuperación de zonas adyacentes. Así, será necesario mantener un enfoque flexible al establecimiento de zonas y regulaciones durante el período de recuperación.

2. Asegurarse que las APM están siendo manejadas efectivamente.

Es posible que los arrecifes dañados que están dentro de APM se recuperen más rápidamente si son manejados adecuadamente, y no están sujetos a estreses adicionales tales como la visita excesiva de turistas. Existen algunas guías y manuales de manejo útiles en estos casos (e.g. Kelleher, 1999; Salm y Clark, 2000). También existen varios cursos de entrenamiento para autoridades administrativas de APM, así mismo, en varias regiones se están desarrollando programas de potenciamiento institucional, por ejemplo para el Océano Índico Occidental (Francis *et al.*, 1999). La participación comunitaria incrementaría importante la efectividad y el éxito en el manejo de las APM (Walters *et al.*, 1998), así como la incorporación de las APM dentro de un marco de manejo costero integral (MCI). Las autoridades administrativas de las APM deben estar involucrados en la planeación e implementación del MCI, para promover las necesidades de los arrecifes de coral, y para fomentar la creación de condiciones conducentes a la recuperación. Los arrecifes dañados afectan el número de visitantes en APM, así como el sustento de aquellos que dependen de las APM como fuente de empleo, tales como naturalistas, guías, y personal del parque (ver Cuadro 3). Si el APM depende de los visitantes para generar ingreso, será necesario re-evaluar las posibilidades para generar ingreso

a través de la promoción de otras atracciones además de los arrecifes.

3. El desarrollo de un enfoque más estratégico para el establecimiento de sistemas de APM.

Para el desarrollo de sistemas nacionales y regionales de APM, se requiere un enfoque estratégico que tome en cuenta los arrecifes *fuentes* y los *destinos*, y los patrones de dispersión de larvas de coral. La investigación de patrones actuales de dispersión de larvas serán de utilidad. Sin embargo, la existencia de patrones desfavorables de corrientes para la dispersión a larga distancia no deberían impedir el establecimiento de un área protegida, la cual todavía puede actuar como *fuentes* para su propia renovación y para dispersión local (Roberts, 1998). La cooperación regional e internacional será indispensable dado que la dispersión de larvas ocurre a través de fronteras nacionales y políticas. El problema de la dispersión de larvas a través de fronteras es tan importante como los problemas de contaminación marina y pesquería transnacionales, los cuales son tratados en acuerdos internacionales y regionales.

Otra consideración estratégica importante es el concepto de protección contra la probabilidad de blanqueamiento por medio del establecimiento de sistemas que cubran una dispersión geográfica amplia, que incluya una gran variedad de tipos de arrecife. Si un sistema de APM incluye una dispersión geográfica completa, las posibilidades de supervivencia de al menos algunos arrecifes serán mejores cuando algunos *HotSpots* se desarrollaran en la región. Por la misma razón es importante que los sistemas de APM incluyan todos los tipos de hábitat existentes en el perfil del arrecife (i.e. zonas planas superficiales, pendientes, lagunas, canales de laguna).

Las Pesquerías y el Blanqueamiento de Coral

Los arrecifes de coral sostienen una gran variedad de pesquerías importantes tanto de peces como de invertebrados. La utilización humana puede ocurrir tanto a gran escala a nivel comercial o a pequeña escala a nivel artesanal. El propósito principal de algunas pesquerías puede ser alimenticio, mientras que otras están relacionadas con la colección de artículos para acuarios e industria turística. Todas estas actividades pueden en principio ser afectadas por el blanqueamiento de corales. Mientras que al mayor parte de la investigación en pesquerías hasta la fecha se ha enfocado a peces comestibles, es posible sin embargo deducir teóricamente el impacto potencial del blanqueamiento y la degradación de los arrecifes en las pesquerías en general. Después de revisar algunos conceptos teóricos básicos sobre pesquerías, emplearemos el principio precautorio para hacer algunas recomendaciones generales.

El impacto del blanqueamiento de corales en una pesquería puede relacionarse con las teorías generalmente aceptadas sobre la relación entre peces y su hábitat en los arrecifes de coral (Pet-Soede, 2000). Además de la explotación misma, varios otros factores contribuyen a determinar la composición de las comunidades de peces en un arrecife, todas las cuales están relacionadas a la estructura física y complejidad del arrecife mismo.

Primero, la competencia por alimento es un factor importante en la determinación de la diversidad y abundancia de peces. En un arrecife sano, la diversidad y abundancia de alimento es alta y esto tiene un efecto positivo directo en la diversidad y abundancia de peces (Robertson y Gaines, 1986). En un arrecife degradado, el coral muerto es cubierto con algas que sirven de alimento a peces herbívoros, a los

como el pez loro (*Scarus* spp.). La población de estos peces puede por tanto incrementarse. El pastoreo intensivo de estas especies algunas veces daña la estructura del arrecife, causando erosión de los esqueletos de coral, pero estos peces también mantienen limitada la población de algas. Además, dado su valor comercial, el incremento en las poblaciones de estos peces puede también tener un beneficio económico.

Segundo, el arrecife provee un ambiente adecuado para las actividades reproductivas y para el establecimiento de larvas de peces, y estas determinarán a su vez la estructura de la comunidad adulta (Medley *et al.*, 1983; Eckert, 1987; Lewis, 1987). Un arrecife con estructura sana y compleja albergará una variedad y abundancia óptima de espacios para una reproducción exitosa.

Finalmente, el arrecife provee albergue y protección contra predadores, particularmente a peces pequeños, y esto afecta sus patrones de supervivencia de adultos (Eggleston, 1995). En general, la salud del arrecife tiene un efecto positivo sobre estos tres factores (alimento, reproducción, albergue), y estos a su vez afectan la diversidad y abundancia de peces.

Cómo podrían cambiar las pesquerías en arrecifes dañados

La investigación actual sugiere que el blanqueamiento de corales no tiene efecto inmediato en las capturas de peces (Cuadro 4). Esto se debe en parte al hecho de que las comunidades de peces de arrecife tienen una respuesta lenta a los cambios ambientales, y en parte a que pocas pesquerías dependen exclusivamente de una sección específica de un arrecife. Sin embargo, la mortalidad de corales subsecuente a un blanqueamiento eventualmente afectará a una pesquería a medida que la estructura del arrecife se degrada. Esto puede derivar en uno de los siguientes posibles escenarios (Pet-Soede, 2000):

- Cuando no hay muerte del coral, ya sea que el blanqueamiento ha sido local o extensivo, es poco probable que haya algún cambio en la composición o captura en la pesquería.
- Cuando el blanqueamiento es localizado y la mortalidad del coral es baja, puede haber cambios localizados en la estructura de la comunidad de arrecife, particularmente si algunas especies de coral en particular han sido

Relación entre la salud del arrecife y la diversidad y abundancia de peces.



El coral vivo (izquierda) provee un hábitat adecuado para una comunidad diversa y abundante de peces, a diferencia de los arrecifes degradados (derecha).



Ilustración: Virginia Westmacott



En Kenia, los dhows are las embarcaciones pesqueras típicas de los pescadores lugareños, cuyo sustento depende de la salud de los arrecifes.

Foto: Krislian Teleki

Cuadro 4. El impacto del blanqueamiento en las pesquerías de arrecife en Kenia.

Desde el blanqueamiento ocurrido en 1998, ha habido poco efecto significativo en la biomasa y la composición de la captura de las pesquerías tanto en las APM y en áreas no protegidas en Kenia. La reducción gradual en la abundancia total de peces que ha ocurrido desde 1995 cuando comenzaron las actividades de monitoreo es debido a otros impactos de origen humano, y no ha sido acelerada por el blanqueamiento y la mortalidad de corales. Una posible excepción es el incremento en el Pez Cirujano observado en algunas APM. Esto fue probablemente una consecuencia a corto plazo del incremento en la cobertura de algas. Sin embargo, el efecto del blanqueamiento tal vez solo será evidente una vez que la erosión y el deterioro de la estructura tridimensional del arrecife hayan ocurrido, lo cual se espera suceda en los próximos dos a diez años. De hecho, al momento de escribir esto, las observaciones ya sugieren que las poblaciones de Pez Cirujano están comenzando a reducir.

Fuente: McClanahan y Pet-Soede (2000)

afectadas. La consecuente reducción en diversidad de coral y en complejidad de hábitat puede afectar a su vez la composición y tasa de captura.

- En los casos en los que el blanqueamiento es extensivo, con mortalidad masiva de coral, es posible que los cambios sufridos por las pesquerías sean significativos. Los cambios a largo plazo estarán relacionados a la pérdida de complejidad y diversidad del hábitat a través de la erosión del coral muerto. Es de esperarse que las especies que se alimentan de coral, tales como el pez mariposa, y aquellas que usan corales como albergue, tales como el pez damisela, sean las primeras en declinar. Sin embargo, ya ha habido reportes que sugieren que los primeros cambios ocurrirán en relación a la abundancia de peces que se alimentan de algas, tales como el pez loro y el pez cirujano, a consecuencia del crecimiento excesivo de corales muertos (Goreau *et al.*, 2000; McClanahan y Pet-Soede, 2000) (ver Cuadro 4).
- Otro posible impacto, aún no confirmado, del blanqueamiento de coral es el posible incremento en la intoxicación por ciguatera. Las toxinas de la ciguatera son producidas por algas microscópicas unicelulares (dinoflagelados), que crecen particularmente bien en la superficie de algas carnosas grandes de arrecife. Cuando los peces pastorean en las algas, la concentración de

toxinas puede incrementarse en sus cuerpos y causar consecuentemente el envenenamiento de humanos que los consumen. El fenómeno parece estar ligado al trastorno de los ecosistemas de arrecife, tal vez por el excesivo crecimiento de algas grandes (las cuales proveen de una mayor superficie para la producción de dinoflagelados) en los arrecifes degradados (UNEP, 1999a; Quod *et al.*, 2000).

Los cambios sufridos en un arrecife a consecuencia de la mortalidad de corales puede afectar la producción de peces, el tipo de pesquería, y la distribución espacial del esfuerzo pesquero:

- La producción máxima puede ser reducida como consecuencia de una reducción en alimento y ambiente adecuado para la reproducción y albergue de peces. Las consecuencias de esto pueden variar de acuerdo con el tipo de pesquería:
 - En una pesquería que depende completamente de peces de arrecife, la tasa de captura puede decrecer, y la composición de la captura puede cambiar hacia especies hervíboras. Estos peces generalmente tienen un valor de mercado menor, lo que puede conducir a una reducción general en el ingreso de los pescadores. Las comunidades pesqueras con pocas fuentes



Foto: Kristian Telesi

Las comunidades locales dependientes de pesquerías de arrecife, tales como esta empresa de secado de peces en las Seychelles, tal vez necesitarán encontrar formas alternativas de sustento si los arrecifes dañados afectan su fuente de ingreso.

alternativas de ingreso pueden verse en dificultades para mantener su sustento.

- Una pesquería dedicada a peces que se alimentan alrededor de los arrecifes puede experimentar capturas menores si esas especies se mueven a áreas menos dañadas.
- Una pesquería dedicada a peces pequeños localizados en un área del arrecife o laguna durante ciertas etapas de su ciclo vital puede también experimentar una disminución en la captura cuando los arrecifes han desaparecido.
- Aquellas pesquerías, comunes en el Océano Índico y en otras áreas de arrecife, dedicadas a capturar diversas especies usando equipo diverso, son tal vez suficientemente flexibles y pueden adaptarse a cambios en el tipo y número de peces. El periodo relativamente largo en el cual ocurren los cambios en la abundancia de peces puede ser un factor que facilite el proceso de adaptación de las pesquerías.
- Los cambios en la estructura del arrecife pueden favorecer el uso de métodos de pesca destructivos, tales como el troleo o arrastre, los cuales habían sido anteriormente descartados dado el daño que el arrecife causaría al equipo.

- Los cambios espaciales en las características del hábitat en el arrecife pueden hacer necesario que las pesquerías trasladen su esfuerzo pesquero a otras áreas para la captura de ciertas especies.

Acciones de manejo

Aún en ausencia de blanqueamiento, el manejo sustentable de las pesquerías es un reto, dado el creciente número de gente involucrada, muchas de las cuales no tiene otra fuente de ingreso o proteína. Muchas comunidades locales tienen pocas formas de sustento alternativas, y poco potencial de adaptación a las nuevas condiciones. El mayor entendimiento del problema, la co-operación y un sentido de propiedad por parte de las comunidades locales serán factores críticos. En tanto la incertidumbre sobre los efectos del blanqueamiento en las pesquerías prevalezca, es posible adoptar un enfoque precautorio a través de las siguientes acciones:

1. **El establecimiento de zonas de veda, y la limitación del tipo de equipo de pesca permisible** a fin de proteger las zonas de criadero y proveer de refugio a los peces.
2. **La consideración de medidas de protección específica para:**
 - Peces que se alimentan de algas, tales como el pez loro y el pez cirujano, los cuales posiblemente jugarán un papel importante en el mantenimiento de un sustrato adecuado para el establecimiento de las larvas de coral.
 - Peces que se alimentan de coral, tales como el pez mariposa y el pez damisela, que son colectados para el comercio en acuarios, y cuyo número puede verse reducido dada la reducción en su hábitat y fuente alimenticia.

Es importante considerar a la implementación de un moratorio en la colecta de algunas de estas especies en arrecifes severamente dañados por el blanqueamiento hasta que el proceso de recuperación del arrecife este avanzado.

3. **Poner en vigor la legislación prohibiendo las prácticas pesqueras destructivas (por ejemplo, pesca con dinamita, redes agalleras, uso de cianuro, y otros venenos)** que pueden dañar aún más los arrecifes.
4. **Monitorear la composición y tamaño de la captura** para evaluar el éxito de las estrategias de manejo e implementar nuevas estrategias en caso necesario.
5. **Desarrollar formas de sustento alternativas en las comunidades pesqueras cuando sea necesario.**
6. **Limitar la entrada de nuevos pescadores a una pesquería por medio de la implementación de un sistema de licencias de pesca.**
7. **Regular la colecta de organismos para la industria turística y de acuarios.** La legislación que regule estas actividades ya existe en muchos países, y debe ponerse en vigor. CITES (La Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) ayuda a controlar el comercio internacional a través de la requisición de permisos para la exportación de todos los corales de roca y algunas almejas (e.g. la almeja gigante). Los países parte de CITES deben poner en práctica sus obligaciones.

El Turismo y el Blanqueamiento de Corales

El buceo es tal vez la actividad que primero viene a la mente en relación a las actividades turísticas en los arrecifes, pero algunas áreas de arrecife también están disponibles para el turismo de playa, cruceros, yates, pesca y otros deportes acuáticos. Con los cambios que los arrecifes podrían sufrir a consecuencia del blanqueamiento, es justificable que aquellos que dependen de la industria turística y las autoridades a cargo de las APM estén preocupados:

- ¿Cómo responderán los turistas al blanqueamiento de los arrecifes?
- ¿Cómo puede la industria turística adaptarse al problema del blanqueamiento?
- ¿Cómo puede el turismo ser manejado para prevenir causar un daño mayor a los arrecifes blanqueados?

El blanqueamiento ocurrido en 1998 no ha tenido mucho impacto en el turismo hasta la fecha (Westmacott *et al.*, 2000a). De hecho, los agentes de buceo han reportado que los turistas disfrutaban de los arrecifes aún en el momento pico del blanqueamiento – y algunos de hecho se llevaron la impresión de que los corales estaban muy ‘limpios’. El verdadero impacto del blanqueamiento en la visita de turistas tal vez no se note sino hasta dentro de varios años, una vez que los arrecifes estén severamente dañados. Sin embargo, el trabajo llevado a cabo en el Océano Indico sugiere que tal vez haya un impacto futuro del blanqueamiento del 98 (ver Cuadro 5).

Los turistas tal vez reaccionen a los arrecifes blanqueados o dañados de varias maneras. Si están concientes del blanqueamiento (a través de los medios, de comentarios, o por otra fuente), tal vez prefieran no visitar el área afectada. En ese caso la industria turística sufrirá a todos los niveles. Los buzos más experimentados probablemente se darán cuenta de los cambios en los arrecifes – en particular el cambio de colores brillantes a tonos oscuros de gris y café.

Algunos visitarán una vez pero no volverán como lo hacían antes. Aquellos nuevos en este deporte tal vez no estén concientes del problema. Estos últimos, al igual que aquellos no interesados en actividades de arrecife, posiblemente continúen visitando el área afectada. Alternativamente, los turistas tal vez puedan todavía visitar el área, en vez de los arrecifes en sí, en cuyo caso será la industria de buceo la que sufra.

Acciones de manejo

1. Mantener una población sana de peces para las actividades de buceo

Los peces de diversos tipos y colores son una de las mayores atracciones en las actividades de buceo, y un arrecife degradado experimentará una reducción en el número total de peces. Los métodos para enfrentar este problema están descritos en la sección llamada *Las Pesquerías y el Blanqueamiento de Coral*. En relación al turismo, estas actividades incluyen:

- Reducir la pesca en las zonas de buceo.
- Establecer zonas de veda en las zonas en las que el buceo está permitido.
- Establecer zonas separadas para pesca y para actividades de buceo, para reducir conflictos.
- Prohibir las prácticas pesqueras destructivas que reducen las poblaciones de peces y destruyen las áreas de interés para el buceo.

2. Involucrar a los turistas en el asunto

A muchos buzos les interesa involucrarse en las actividades de conservación de los arrecifes de coral y recibirían con gusto la oportunidad de participar en iniciativas asociadas con la recuperación de los arrecifes

Cuadro 5. El impacto del blanqueamiento de corales en el turismo en el Océano Indico.

Los estudios llevados a cabo en el Océano Indico en 1999, un año después del blanqueamiento sufrido en la zona más recientemente, sugiere que el blanqueamiento tuvo un impacto más pequeño de lo esperado. El nivel de preocupación entre los turistas acerca del blanqueamiento aparentemente dependía del país de origen del turista, y de el nivel de publicidad que se le dió al evento en ese país.

En Zanzibar, el 28% de los buzos entrevistados habían oído del blanqueamiento, comparado con el 45% en Mombasa, en Kenia. Aunque los arrecifes en ambas localidades estaban blanqueados, en Zanzibar había ocurrido poca mortalidad, comparado con una mortalidad de de 50% o más ocurrida en la región de Mombasa. Menos de 5% de los buzos entrevistados en ambos lugares dijo que no bucearía en lugares blanqueados. Tomando como base el número de turistas que dijo que sus actividades se verían afectadas, se estima que la pérdida financiera en Mombasa podría llegar a ser de 13 a 20 millones de dólares americanos, y de 3 a 5 millones en Zanzibar. Sólo el tiempo dirá si esta es una estimación realística.

En las Maldivas, 48% de los turistas entrevistados dijo que el aspecto más decepcionante de sus vacaciones fue ver el coral muerto. Sin embargo, el arribo de turistas continuó incrementandose en un 8% durante 1998 y 1999, comparado con un crecimiento de 7% durante 1996 y 1997. El aumento continuo en la llegada de turistas a las Maldivas se debe en parte a que otro tipo de turistas ha remplazado a los buzos. Aún antes de que ocurriera el blanqueamiento, las Maldivas ya estaban llevando a cabo pasos importantes para promover las islas como un lugar de luna de miel. Esto implicaría que hasta el momento el blanqueamiento no haya tenido un efecto en la industria turística. Sin embargo, dado el incremento en la capacidad hotelera en 1997, se espera un crecimiento del 10% en la llegada de turistas durante el periodo de 1998 y 1999. Si el blanqueamiento fue de hecho la causa de que la tasa de crecimiento haya sido de solamente un 8%, en vez de un 10%, se puede estimar que el blanqueamiento ha causado una pérdida financiera de aproximadamente tres millones de dólares.

Fuente: Cesar *et al.* (2000) y Westmacott *et al.* (2000b)



Foto: Susie Westmacott

En las Maldivas, donde el las actividades de buceo son una fuente importante de ingreso para los lugareños, la industria turística está jugando un papel importante en el apoyo para el manejo de los arrecifes.

que han sufrido blanqueamiento. Los esquemas para la observación de peces y los programas de monitoreo no especializados son cada vez más populares, tal es el caso de las organizaciones Norteamericanas REEF (siglas en inglés de la Fundación para la Educación Ambiental sobre Arrecifes) y CEDAM (siglas en Inglés de Conservación, Educación, Buceo, Conciencia e Investigación Marina), así como varias otras que operan a nivel internacional (e.g. Coral Cay Conservation, Frontier, Raleigh, Earthwatch, Reef Check). En el Parque Marino de Bonaire, en las Antillas Holandesas, por ejemplo, hay visitas anuales de REEF y CEDAM. Esas visitas forman parte integral del programa de monitoreo

del parque (ver secciones sobre *Monitoreo e Investigación* y *Materiales de referencia y otros recursos*).

3. Diversificación de la industria turística

A fin de monitorear los cambios en las visitas de los turistas a los arrecifes, es necesario llevar a cabo sondeos regulares, for ejemplo en las zonas de espera para abordaje en los aeropuertos. Varios países ya llevan a cabo este tipo de estudios a través de departamentos gubernamentales a cargo de la industria turística. Las preguntas usadas en el estudio pueden ser específicas a las actividades de buceo y a otras actividades directamente relacionadas; o bien pueden ser preguntas sobre

Playas limpias y bellas ayudarán a mantener el turismo en áreas donde los arrecifes han sido dañados.



Foto: Kristian Teleki

actividades turísticas en general. El monitoreo de los cambios en el mercado turístico indicarán si el mercadeo de formas de turismo alternativas es necesario para mantener la industria. Por ejemplo, las actividades terrestres podrían ser el foco de atención mientras que los arrecifes dañados tienen oportunidad de recuperarse. Sin embargo, es necesario tener cuidado de asegurar que el desarrollo costero que se lleve a cabo para tales actividades no cause por sí mismo un daño adicional a los arrecifes. Será necesario dar mucha mayor atención al valor del paisaje en el área, a la limpieza de las playas, a la limpieza de las aguas para los deportes acuáticos, etc. Tal vez sea necesario buscar sitios de buceo nuevos o diferentes (e.g. zonas con panorámica submarina impresionante, o con poblaciones grandes de peces).

4. Reducción de los impactos de las actividades turísticas en general

En aquellos casos en los que los arrecifes han sido blanqueados o degradados, el manejo de las actividades turísticas asociadas al lugar es esencial. Los siguientes impactos, entre otros, deberán por tanto ser reducidos o eliminados (ver también las secciones sobre *Otras amenazas a los arrecifes*, *Áreas Protegidas Marinas*, *Pesquerías*, y *Manejo Costero Integral*):

- Contacto directo de las actividades de buceo (al caminar sobre los arrecifes o al golpearlos): el proveer a los buzos con información y educación acerca del daño potencial que pueden causar puede ser suficiente para eliminar este daño. Además, el ofrecer cursos de flotación libre para buzos puede también ayudar a los buzos a mejorar el control de su flotación bajo el agua. También es posible hacer el uso de guantes ilegal, ya que esto inhibiría el contacto intencional con los organismos de arrecife.
- Uso excesivo de un arrecife o área de buceo: la relocalización de las áreas de buceo, o la limitación del número de buzos en lugares populares puede reducir el daño a las zonas que se encuentran en proceso de recuperación.
- El daño físico causado por el anclaje de navíos (en actividades de buceo, pesqueras, de placer, etc.) puede ser manejado a través de la designación de zonas

alternativas de anclaje, tales como provisión de amarraderos, y la implementación de reglamentos relacionados al anclaje ambientalmente apropiado.

- La contaminación cercana a la playa causada por la descarga de desechos (e.g. drenaje de instalaciones turísticas). Puede ser conveniente que las instalaciones turísticas traten sus aguas de desecho localmente, o usar los desechos para el mantenimiento de jardines, de tal modo que el exceso de nutrientes sea utilizado por las plantas.

Boyas de amarre evitan el daño a los arrecifes causado por las anclas de embarcaciones.

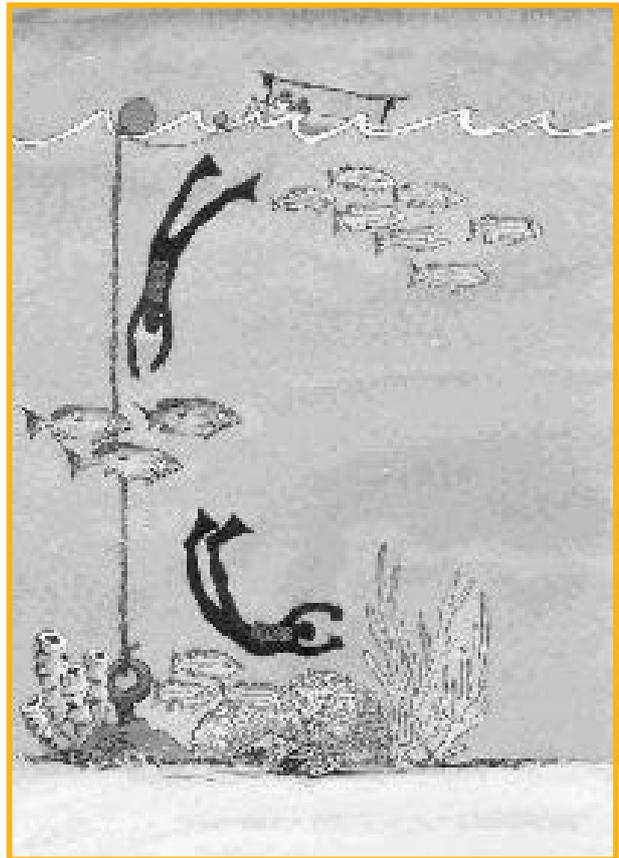


Ilustración: Virginia Westmacott

Cuadro 6. Pedir a los buzos que contribuyan financieramente a la conservación del arrecife.

Los buzos muestran una considerable disposición a pagar por el uso de arrecifes de buena calidad. Un estudio llevado a cabo en las Maldivas después del blanqueamiento de 1998 mostró que cada turista estaría dispuesto a pagar US\$87 además de lo que ya habían pagado por sus vacaciones a fin de poder visitar un arrecife sano en vez de uno degradado. Dado que aproximadamente 400,000 turistas visitan las Maldivas cada año, esto significa un total de aproximadamente US\$19 millones durante 1998 y 1999 (Cesar *et al.*, 2000).

Estudios similares en Zanzibar en 1996 (antes del blanqueamiento) y en 1999 (después del blanqueamiento) mostraron una disposición a pagar US\$22 por buzo en 1999 por el mantenimiento del arrecife, comparado con US\$30 en 1996. Este cambio puede estar relacionado no solo a la reducción en la calidad del arrecife (que había sufrido un decremento del 20% en la cobertura de coral duro de Noviembre de 1997 a Noviembre de 1998 en algunos lugares (Muhando, 1999)), sino también a otros factores tales como el tipo de turista que visita este país. La única diferencia entre los buzos entrevistados en 1996 y en 1999 fue que los primeros eran buzos menos experimentados. Su nivel de ingreso y otras variables socioeconómicas eran semejantes, lo que sugiere que la diferencia en la disponibilidad a pagar podría estar relacionada a la calidad del arrecife o al nivel de experiencia. En Mombasa los buzos estaban dispuestos a pagar un promedio de US\$43 para mantener la calidad del arrecife. El nivel de experiencia de los buzos fue generalmente mayor que la de los buzos entrevistados en Zanzibar, y habían realizado más buceos. Estos factores pueden explicar la diferencia en las cantidades que unos y otros buzos están dispuestos a pagar.

Fuente: Westmacott *et al.* (2000b)

- La sedimentación y contaminación causadas por construcciones (e.g. embarcaderos, puertos, marinas). Existen lineamientos referentes a muchas de las actividades de ingeniería y construcción, y varios métodos han sido aprobados para reducir su impacto. Estas pueden ser promovidas e implementadas si se establecen como requisito para la aprobación de permisos de construcción, o si se introducen como parte de las Evaluaciones de Impacto Ambiental, a través de legislación y sistemas de permisos, y por medio de incentivos.

5. Alentar a los turistas a contribuir financieramente a los esfuerzos de recuperación y manejo

El manejo de los arrecifes de coral, ya sea que estén sanos o en proceso de recuperación de algún tipo de daño, requiere de recursos financieros adecuado, los cuales generalmente son escasos en los países más afectados. La industria turística, que en muchas áreas depende, o hace uso extensivo de los arrecifes de coral, debería contribuir a los costos del manejo de estos ecosistemas. Los turistas pueden contribuir a través del pago de cuotas de entrada a los parques u otro tipo de cuotas, o a través de donaciones. Como se muestra en el Cuadro 6, los turistas frecuentemente están dispuestos a contribuir sumas importantes si tienen la certeza de que el dinero será utilizado para la conservación de los arrecifes. El perfil socio-económico de los turistas que visitan estas

áreas, así como la calidad de los arrecifes y otras atracciones, serán factores importantes en la evaluación de qué tanto deberían pagar los turistas para las actividades de manejo. Por lo tanto, debería llevarse a cabo estudios en cada área, a fin de determinar estos factores antes de establecer el pago de cuotas.

6. Proveer de información al público a través de actividades educativas

La industria turística puede jugar un papel importante en las actividades educativas. Estas pueden incluir:

- Folletos de información con las actividades de recreo prohibidas y permitidas, y sobre la relación entre el cambio climático y el blanqueamiento de corales, las cuales pueden ser incluidas en paquetes de información en hoteles.
- Posters informativos coloridos que pueden ser vendidos en tiendas turísticas y oficinas de los parques.
- Cursos de entrenamiento para agentes turísticos acerca de cómo educar a turistas acerca de la biología de, y las amenazas a, los arrecifes.
- Tours gratis a las APM, y pláticas con transparencias para los miembros de la comunidad, especialmente para aquellos que están directamente relacionados con las visitas de turistas, de modo que estos miembros de la comunidad desarrollen un sentido de liderazgo en sus arrecifes y ayuden a educar a los turistas que ellos encuentran.

El Manejo Costero Integral y el Blanqueamiento de Corales

Los arrecifes de coral, y particularmente los arrecifes marginales, se encuentran frecuentemente cerca de la costa, y en algunas ocasiones pueden estar a sólo pocos metros de la playa. El crecimiento acelerado de la población y el incremento en la demanda de la industria, el turismo, vivienda, y puertos, tiene como resultado un desarrollo costero excesivo. Como se ha mencionado antes, estos desarrollos tienen un impacto significativo en los arrecifes de coral y, al igual que otras actividades humanas, pueden impedir la recuperación de los arrecifes que han sido afectados por blanqueamiento. La salud de los ecosistemas adyacentes, tales como pastizales marinos y los manglares, también ejerce una influencia importante en la salud de los arrecifes de coral. Más aún, el mantenimiento del valor estético de la

costa, incluyendo la limpieza de las playas y del agua, así como el mantenimiento de paisajes prístinos, serán cada vez más importantes si los arrecifes se tornan cada vez menos atractivos para los turistas. Para enfrentar estos asuntos es necesario dar una atención importante a la planeación y reglamentación del desarrollo costero y de la descarga de desechos, lo cual puede abordarse de la manera más adecuada por medio del manejo costero integral (MCI).

El MCI considera que la zona costera y la cuenca fluvial circunvecina constituyen una unidad, y por lo tanto es necesario integrar todos los aspectos relevantes al manejo de ésta (Bijlsma *et al.*, 1993; Post y Lundin, 1996; Cicin-Sain y Knecht, 1998). Muchos países han comenzado, o están ya implementando programas de MCI a nivel local y/o nacional.

Cuadro 7. Manejo de la Barrera de Arrecife de Belice a través de un enfoque de MCI.

Belice tiene uno de los ecosistemas de arrecife más extensos del Hemisferio Occidental, el cual consiste de una de las barreras de arrecife más grandes del mundo, tres atolones y una compleja red de arrecifes mar adentro. Estos han sido afectados por varios de los blanqueamientos recientes aunque, en general, el país se beneficia de uno de los arrecifes más sanos del mar Caribe. El Parque de la Gran Barrera de Arrecife en Australia fue visto como un posible modelo para el manejo de los arrecifes y ecosistemas asociados del país. Sin embargo, la necesidad de administrar las actividades terrestres fue reconocido como un factor fundamental, y por tanto se adoptó un enfoque de MCI como marco general.

El programa de MCI se ha estado desarrollando desde 1990, y se ha establecido una estructura institucional para coordinar las actividades de manejo en la zona costera. Las medidas implementadas bajo el Plan Nacional de Manejo Costero derivan en un beneficio directo para los arrecifes, e incluyen un esquema de zonamiento que incluye zonas de APM; medidas de manejo de pesquerías; un programa nacional de boyas de amarre; lineamientos para legislación y políticas; políticas para el manejo de las industrias marítimas y navieras; programas de investigación y monitoreo; CAPMañas de educación y concientización públicas; medidas de participación comunitaria; y un mecanismo financiero sostenible.

Fuente: Gibson *et al.*, 1998

El replantamiento de manglares puede restaurar la protección natural de la costa contra la erosión y reducir la sedimentación en los arrecifes cercanos, como aquí en Mauricio.



Foto: Susie Westmacott.



Foto: Susie Westmacott.

El manejo costero integral implica una planeación cuidadosa y la delimitación de zonas para la construcción y para otras actividades, tales como la localización de muelles para evitar la erosión.

En Belice, por ejemplo, este ha resultado ser un enfoque particularmente útil para encarar las amenazas a los arrecifes de coral (ver Cuadro 7). En Tanzania (otro país en el que los arrecifes de coral son un recurso vital y que han sido también seriamente afectados por el blanqueamiento) se está desarrollando una política de MCI a nivel nacional, y se están implementando programas locales de MCI para poner a prueba los planes y mecanismos de co-ordinación en la práctica (Francis *et al.*, 1997). Los estados del Océano Índico Occidental han mostrado un compromiso político especial para el establecimiento de programas de MCI a través de una serie de encuentros a nivel Ministerial (Linden y Lundin, 1997).

Este folleto ha abarcado APM, pesquerías y turismo en secciones separadas, todas las cuales son de vital importancia para un programa de MCI exitoso. Otros aspectos incluyen:

- Las fuentes terrestres de contaminación.

Las estructuras caras para la protección costera son usadas en la prevención de la erosión. Sin embargo, el favorecimiento de la recuperación de arrecifes, que actúan como rompeolas naturales, puede ser una mejor estrategia a largo plazo.



Foto: Susie Westmacott.

- La construcción y otras actividades en zonas costeras y en las cuencas fluviales adyacentes.
- La agricultura, actividad forestal, y otros usos de la tierra en zonas costeras y cuencas fluviales adyacentes.
- Actividades extractivas marinas, y las industrias petroleras y de producción de gas.
- Actividades relacionadas con todo tipo de navíos.

En el poco espacio disponible aquí no es posible tratar cada uno de los puntos que deberían ser incluidos en un programa de MCI efectivo, pero es importante notar que todos ellos son importantes para el manejo exitoso de los arrecifes de coral, y para crear las condiciones que maximizarían la recuperación de arrecifes dañados.

Acciones de manejo

La necesidad primaria consiste en continuar el desarrollo e implementación de políticas y programas de MCI a nivel local y nacional. El MCI exitoso requiere del reconocimiento de los principios de participación de las partes involucradas, y de la promoción de la co-operación entre los grupos usuarios; el principio precautorio; y el monitoreo y evaluación de las intervenciones de manejo para asegurar que éstas están adaptadas en respuesta a los cambios en la salud del ecosistema (esto es particularmente importante in el caso de ecosistemas vulnerables, tales como los arrecifes de coral).

Lineamientos sobre el MCI están disponibles en varias fuentes (e.g. Clark, 1996; Post y Lundin, 1996; Ehler *et al.*, 1997; Hatzios, 1997; Cicin-Sain y Knetch, 1998; WWF/IUCN, 1998). Sin embargo, los programas y políticas de MCI necesitan poner especial atención a la creación de las condiciones para la recuperación de los arrecifes y al mantenimiento de la salud de aquellos arrecifes que aún no estén dañados. Por lo tanto, las siguientes acciones requieren énfasis:

1. **Establecimiento de sistemas de APM dentro de un marco de MCI** que tome en cuenta los conocimientos disponibles sobre la interconectividad, vulnerabilidad y potencial de recuperación de diferentes arrecifes.
2. **Implementación de medidas para promover el manejo de pesquerías sustentables** y la integración de éstas dentro del desarrollo económico general de las regiones costeras.
3. **Desarrollo e implementación de las herramientas de planeación, lineamientos, legislación e incentivos** así como

de otros mecanismos para promover la construcción ambientalmente adecuada, y otras formas de uso de la tierra y desarrollo costero.

4. Reglamentación de las fuentes terrestres de contaminación.

La contaminación de este tipo tiene que ser tratada a nivel local, nacional, regional e internacional. Las autoridades administrativas y normativas responsables del manejo de los arrecifes pueden ayudar a promover nuevas tecnologías y apoyar métodos innovadores para el manejo adecuado de desechos, tales como el uso de humedales para filtrar los desechos ricos en nutrientes, o el uso de letrinas secas o de composta.

5. Manejo de navíos para reducir el daño a los arrecifes y ecosistemas asociados causado por encallamientos, anclaje, derrames y descarga de desechos.

Tal como en el caso de las fuentes terrestres de contaminación, éste es un asunto que no puede ser cubierto aquí de manera exhaustiva, y las autoridades administrativas y normativas habrán de referirse a las fuentes de información provistas al final de este folleto. Como resultado de los esfuerzos de la Organización Marítima Internacional, ya existe un buen marco legal para la reglamentación de navíos comerciales. Sin embargo, no todos los países tienen la legislación nacional, los recursos o la capacidad para desarrollar e implementar las medidas necesarias. Esto incluye planeación sobre medidas de contingencia y respuesta rápida a derrames de petróleo, regulación de la descarga de desechos, provisión de facilidades portuarias para la descarga de desechos, establecimiento de rutas adecuadas y esquemas de navegación o la designación de áreas vulnerables (tales como los arrecifes de coral) con reglamentación especial para la navegación (e.g. Areas Marinas Particularmente Sensibles, o APMS). La regulación de actividades de barcos pequeños es también esencial. Las autoridades administrativas deberían promover el establecimiento de boyas de amarre, el desarrollo de códigos de conducta y programas de entrenamiento para los operadores de barcos.

6. Protección contra la erosión litoral. La erosión costera puede aumentar si los arrecifes, que antes proveían protección contra la acción de las olas y tormentas, están dañados. En las Seychelles se ha reportado erosión de

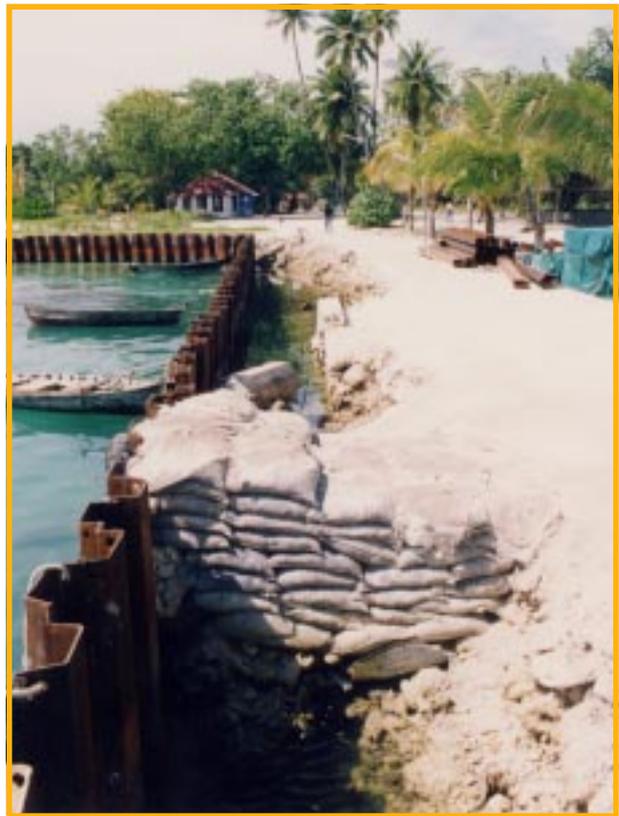


Foto: Susie Westmacott.

La sedimentación puede ser reducida durante la construcción de puertos si se usan revestimientos, como aquí en las Maldivas.

varios metros de playa en las zonas donde los arrecifes fueron afectados por el blanqueamiento (Souter *et al.*, 2000). Esto puede conducir a la introducción de obras de ingeniería caras para resolver el problema, las cuales sin embargo no siempre detienen la erosión. Algunas veces es preferible permitir que el terreno se adapte a los procesos naturales (ingeniería 'suave'). Esto además facilita la recuperación de los arrecifes dañados (ver la sección sobre Restauración) y la consecuente restauración de su función natural como rompeolas.

Técnicas de Restauración

Es posible usar técnicas de restauración para acelerar la recuperación de arrecifes dañados a través del apoyo a los procesos naturales de recuperación. Sin embargo, es esencial contemplar la escala involucrada cuando se esté tomando la decisión sobre la conveniencia de restaurar arrecifes afectados por mortalidad a causa de blanqueamiento. Muchos esfuerzos de rehabilitación no han probado ser efectivos o factibles en gran escala (km²), ya sea por razones ecológicas o económicas. También es cierto que tiene poco sentido llevar a cabo restauraciones costosas cuando los impactos dañinos todavía están presentes. Más aún, los procesos naturales de recuperación pueden ya estar en funcionamiento y pueden ser interrumpidos por las actividades de restauración, las cuales en tales casos serían más perjudiciales que beneficiosas. Es importante evaluar de manera muy cuidadosa la conveniencia de una intervención activa. La recuperación natural es muchas veces preferible a las 'curas' riesgosas y costosas.

Hasta ahora, las técnicas más activas para la restauración de arrecifes (e.g. las descritas más adelante) se han puesto en práctica solo en áreas localizadas y en una escala muy pequeña (menos de 100 m²). Es poco probable que estos métodos afecten más que un área diminuta en el arrecife y tendrán por tanto un impacto mínimo en el arrecife en general, aún en el caso de países pequeños. Sin embargo, éstas medidas pueden ser valiosas en lugares con pequeños 'jardines' de coral que tienen un valor muy alto para la actividad turística.

Varios enfoques están siendo investigados hasta la fecha:

Eliminar las causas de estrés

Esto siempre debería ser la primera prioridad, ya que favorecerá los procesos de recuperación natural. Los métodos para la mejora de las condiciones de crecimiento de coral a través de la remoción de causas de estrés reales y potenciales tales como aquellas que inhiben el establecimiento y la sobrevivencia y crecimiento de corales han sido ya descritas en secciones anteriores.

Incrementar el sustrato disponible para el establecimiento de larvas

Aunque después de un blanqueamiento el coral muerto provee superficie para el establecimiento de larvas, la disponibilidad de sustrato adecuado puede decrecer rápidamente debido al crecimiento excesivo de algas. Por esta razón es importante que las fuentes terrestres de

contaminación que causan enriquecimiento de nutrientes sean minimizadas, y que las poblaciones de peces que se alimentan de algas sean mantenidas. El aumento en el sustrato disponible para el establecimiento de larvas es necesario solamente cuando la estructura del arrecife ha sido degradada. Las soluciones para incrementar la disponibilidad de sustrato varían en nivel de complejidad y costo. Muchas de éstas están siendo estudiadas:

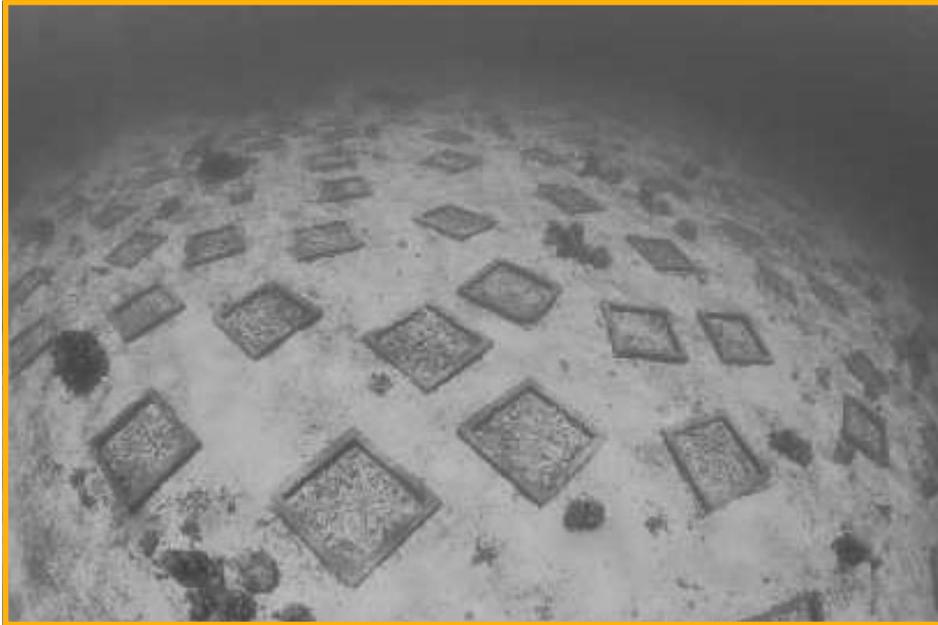
- Varios investigadores están poniendo a prueba la práctica de instalar sustratos artificiales en el fondo marino, tal como bloques de concreto (Clark y Edwards, 1999 – ver Cuadro 8), barcos hundidos (Wilhelmson *et al.*, 1998) u otros sustratos (Rilov y Benayahu, 1998; ReefBall, 2000). Estos *arrecifes artificiales* pueden tener beneficios adicionales al proveer de refugio a peces de arrecife (Whitmarsh, 1997). Debe tenerse cuidado de evitar cualquier contaminación o daño a los alrededores causado por los materiales seleccionados para la construcción de la estructura. Por ejemplo, no deben ser utilizados restos de metal u otros desechos, aunque a primera vista esta parezca una buena manera de deshacerse de estos desechos (van Treek y Schuhmacher, 1998). El costo de instalar arrecifes artificiales o áreas grandes de sustrato artificial puede ser prohibitivo.
- También se está considerando la posibilidad de estabilizar o retirar el material suelto (tal como fragmentos de coral) y retirar algas (McClanahan *et al.*, 1999) y otros organismos que puedan inhibir el establecimiento de larvas o dañar a los reclutas jóvenes.
- El uso de electrólisis para depositar material a base de calcio en un sustrato artificial está aun en una etapa experimental incipiente. Las corrientes eléctricas provocan que el calcio y el magnesio mineral del agua marina se precipite en un material conductivo, tal como tela de alambre de gallinero. Esto resulta en un marco que consiste principalmente de carbonato de calcio, y es similar a la piedra caliza de los arrecifes (Hilbertz *et al.*, 1977). Los proponentes de esta técnica están poniéndola a prueba para el establecimiento natural de larvas de coral y para la transplatación de corales (ver abajo) (e.g. Hilbertz, 1981; van Treeck y Schuhmacher, 1998, 1999; Schillak y Meyer, 1999; Meyer y Schillak, 2000). Esta tecnología puede aplicarse en pequeña escala para estimular el crecimiento en pequeños parches de arrecife. Sin embargo tal vez no es factible en escalas mayores dado el alto costo inicial involucrado.

Cuadro 8. Rehabilitación de un arrecife en las Maldivas.

Los corales han sido una fuente principal de materiales de construcción en las Maldivas por muchos años, y los arrecifes adyacentes a Male, la capital, han sido prácticamente denudados. En un estudio experimental, bloques de concreto fueron instalados en los arrecifes dañados para evaluar diferentes técnicas de restauración.

Los procesos de recuperación natural fueron particularmente eficientes. En un período de seis meses, las larvas de coral ya se habían establecido en los bloques y en menos de un año se registraron densidades de 31 reclutas por metro cuadrado. También se transplantaron corales provenientes de arrecifes adyacentes sobre los bloques, pero esto resultó en una mortalidad considerable, son tasas de sobrevivencia de 50% después de dos años. Aparentemente en aquellas zonas en las que la disponibilidad de superficies adecuadas para el establecimiento y de agua de calidad adecuada el reclutamiento natural condujo a una restauración substancial del arrecife en un periodo de tres a cuatro años – sin necesidad de hacer transplantes.

Fuente: Clark y Edwards (1999)



Granja de coral en la Isla Olango, en las Filipinas: los pequeños cercados protegen los fragmentos de coral transplantados.

Foto: Thomas Heeger

Mujeres de las comunidades locales preparan fragmentos de coral para ser transplantados a los cercados.



Foto: Thomas Heeger

Cuadro 9. Cultivo de corales en Filipinas.

En 1997 se estableció una granja de coral con el propósito principal de rehabilitar arrecifes fue establecida con la asistencia de los habitantes de la comunidad de Barangay Caw-oy, en la Isla de Olango, en Cebu, Filipinas. Seis mil fragmentos fueron cortados de corales en arrecifes cercanos y transplantados a un arrecife con poca cobertura de coral. Cuatro meses después, 87% de los fragmentos de coral había sobrevivido, y las poblaciones de peces en la granja habían incrementado. La granja también proveyó de sustento a gente de la comunidad a través de la venta de colonias de coral para la rehabilitación de arrecifes dañados en otras zonas de Filipinas. Las ganancias fueron usadas para proyectos comunitarios tales como becas, albergues de primeros auxilios, e iluminación pública.

El costo de rehabilitación por hectárea de arrecife, usando dos fragmentos por metro cuadrado (12.5% de cobertura) fue de US\$2,100. Dado que ingreso potencial por hectárea de un arrecife saludable en las Filipinas ha sido conservativamente estimado en US\$319 a 1,113 por año (White y Cruz-Trinidad, 1998), usando éste método, la rehabilitación sería en principio económicamente viable en pocos años. Esto es especialmente cierto si los pescadores locales encuentran mejores formas de sustento en el cultivo de corales y abandonan por tanto las prácticas de pesca destructivas.

Fuente: Heeger *et al.* (1999, 2000)

Transplantar corales de un área a otra

Los corales pueden ser removidos de un arrecife y transplantados, ya sea a un sustrato natural en un arrecife dañado (Lindahl, 1998), o a sustratos artificiales tales como bloques de concreto (Clark y Edwards, 1995). Este tiene a ser un método caro (a menos que la mano de obra sea provista por voluntarios) y frecuentemente tiene un bajo nivel de éxito, ya que los corales transplantados son susceptibles a estrés (ver Edwards y Clark, 1999). La fuente de corales para trasplante debe ser seleccionada cuidadosamente, para evitar dañar otros arrecifes. La mejor fuente es probablemente aquellos arrecifes que seguramente sufrirán el mayor daño en el futuro por actividades de dragado, reclamo de tierra, descarga de desecho o actividades que no pueden ser detenidas o para las cuales no hay mitigación.

Cultivo de granjas de coral

Ya se han hecho varios intentos de cultivar granjas de coral, principalmente en el Sureste de Asia (ver Cuadro 9) (Franklin *et al.*, 1998). A diferencia del trasplante directo de corales, en el caso las granjas de coral, los fragmentos son transplantados a un sitio protegido y 'crecidos' hasta cierto tamaño antes de ser usados para otros propósitos. Las granjas de coral exitosas pueden proveer una fuente de coral para la rehabilitación de arrecifes dañados, y pueden ser usadas como atracciones submarinas (Alcock, 1999). Es necesario llevar a cabo más investigación sobre el cultivo de corales acerca de métodos para reducir los costos e incrementar las tasas de éxito. Estudios en Australia han mostrado que las tasas de mortalidad se han reducido hasta a un 2 a 5% y que la remoción de hasta un 50% de la biomasa de un coral 'donante' puede llevarse a cabo sin afectar su crecimiento (Alcock, 1999).

Acciones de manejo

Dado que la restauración activa de arrecifes es normalmente cara y no siempre exitosa, las autoridades administrativas

deben evaluar cuidadosamente la situación antes de comenzar un programa de esta naturaleza, considerando factores tales como:

1. ¿Cuáles son los **objetivos** del proyecto de restauración? ¿Son los arrecifes a restaurar de interés para la conservación de la biodiversidad, el turismo, la pesca, la protección contra la erosión costera, o solamente para la investigación? Los objetivos del proyecto ayudarán a determinar los métodos a usar.
2. ¿Cuál es la **escala** del proyecto de restauración? ¿Es el área a restaurar una zona específica (i.e. la cicatriz dejada por un anclaje o encalle), una sección del arrecife, o todo un complejo de arrecife? Si el área degradada es grande (e.g. consecuencia de un blanqueamiento), se debe considerar muy cuidadosamente a dónde dirigir los esfuerzos de restauración en términos de los patrones actuales (favoreciendo el establecimiento en corales 'río abajo', pero evitando fuentes de contaminación 'río arriba') y la exposición al efecto potencial negativo de las olas, a las fuentes de contaminación, y a la turbidez.
3. Una vez que los objetivos y la escala han sido considerados, el **costo** del proyecto necesita ser evaluado, tomando en cuenta el uso más efectivo de los recursos disponibles (ver Spurgeon (1998) para más detalles).
4. ¿Cuál es la **tasa de éxito** del método en cuestión? ¿Cuál método producirá el **costo-beneficio** más adecuado para el lugar? Es importante que el método seleccionado no cause un daño adicional al arrecife.
5. ¿Cuál es la **viabilidad a largo plazo** del programa? A fin de asegurar alguna medida de éxito el proyecto debe continuar por un tiempo suficiente para que el progreso de la restauración sea monitoreado.
6. ¿Es posible que la **comunidad local y los usuarios del arrecife** se involucren en el proyecto? La participación activa de aquellos cuyo sustento está ligado a los arrecifes incrementará las posibilidades de éxito (ver Cuadro 9).

Monitoreo e Investigación

Monitoreo

Un programa de monitoreo bien diseñado es una herramienta muy importante para darle seguimiento a los cambios ocurridos en los arrecifes blanqueados y para monitorear la condición general de aquellos que todavía no han sido afectados. El monitoreo debería comenzar de manera simple, ser flexible, y estar diseñado para cumplir con los objetivos de manejo. Las organizaciones locales, universidades y organizaciones no gubernamentales (ONGs) pueden llevar a cabo programas de monitoreo de muy buena calidad. Estos grupos tienen la flexibilidad necesaria para diseñar sus programas de monitoreo dentro de sus propios límites de capacidad, y son capaces de trabajar con gente local, lo cual es un factor importante en el sostenimiento de los programas de monitoreo en el largo plazo. También hay hoy en día varios programas regionales y globales disponibles que vienen acompañados de libros de trabajo, lineamientos, y actividades de entrenamiento. Las autoridades a cargo del manejo de los arrecifes también pueden tener acceso a algunos de los programas globales de monitoreo de la temperatura global, tales como los que se están llevando a cabo a través de NOAA. Los dos programas globales principales ponen particular atención al blanqueamiento.



Foto: ARVAM

Cubierta de coral siendo evaluada, después de un blanqueamiento, usando una línea de transecto.



Foto: Erik Meesters

Nuevo crecimiento coralino, tales como reclutas, son medidos con un cuadrat.

- **Red Global de Monitoreo de Arrecifes de Coral (GCRMN, por sus siglas en Inglés)**

La GCRMN está enfocada al monitoreo gubernamental (o profesional) focuses on government level (or professional) monitoring. Una vez completamente establecida, la red global consistirá de quince redes regionales, o subnodos, independientes, en seis regiones alrededor del mundo. A través de estas redes regionales, la GCRMN promueve métodos científicos adecuados para el monitoreo, y asiste con la provisión de entrenamiento. Por ejemplo, dos nodos han sido ya establecidos en el Océano Índico – uno en Sri Lanka, que da servicio a los países del sur de Asia, y uno en Mauricio, que da cobertura a las naciones isla del Océano Índico Occidental. Los datos colectados son almacenados en las bases de datos regionales y usados en reportes nacionales acerca de la condición de los arrecifes. Los resultados nacionales son compilados en reportes de la *Condición de los Arrecifes* que son publicados cada dos años, el primero de los cuales fue publicado en 1998 (Wilkinson, 1998). La GCRMN actualmente está desarrollando un manual para la evaluación socioeconómica de parámetros relevantes para los arrecifes de coral, los cuales serán muy útiles en el contexto de blanqueamiento.

- **Reef Check**

Reef Check (o Inspección de Arrecifes) es un protocolo para la evaluación rápida de los arrecifes, y está diseñado especialmente para voluntarios y personas sin entrenamiento especial. Fue iniciado en 1997, y se lleva a cabo anualmente a nivel global, y ahora involucra un gran número de entusiastas buzos voluntarios en más de 40 países. Una red de coordinadores regionales, nacionales, y locales forma los equipos, que incluyen buzos experimentados y científicos marinos profesionales. Los científicos son responsables del entrenamiento, encabezando los sondeos y asegurando que la colección de datos sea precisa. Los métodos de Reef Check emplean organismos indicadores cuidadosamente seleccionados en base a las sugerencias hechas por la GCRMN. La metodología puede aprenderse en un día e involucra un sistema de control de calidad estricto. Así, el Reef Check representa el protocolo 'comunitario' de la GCRMN. Más información puede ser obtenida en Hodgson (1999, 2000) y en el sitio web de Reef Check (ver la sección *Materiales de Referencia y otros recursos*).

Hay varios puntos importantes a considerar cuando se está desarrollando un programa de monitoreo relacionado con el blanqueamiento u otros daños serios a los arrecifes:

1. ¿Cuáles programas de monitoreo regional o nacional están ya disponibles en el área? Estos deben ser contactados a través de los sitios web, o directamente a través de los co-ordinadores del programa (ver la sección *Materiales de referencia y otros recursos*). Los métodos de Reef Check están disponibles en su página web, y el GCRMN describe su protocolo también a través de la red. Ambos pueden facilitar apoyo o financiamiento iniciales. Posiblemente otras organizaciones o programas en una región pueden también proveer asistencia.

2. ¿Cuáles son los objetivos del programa de monitoreo? Estos deberían estar claramente definidos, ya que ellos ejercerán una influencia en los métodos a seleccionar. Los métodos en sí deben ser simples, pero flexibles y adaptables, de tal modo que, a medida que aumenten los recursos disponibles, sea posible coleccionar información más detallada, o usar métodos más sofisticados.
3. El primer paso debería ser una evaluación rápida del área blanqueada o dañada, los resultados de la cual pueden ser luego comparados con datos previos al impacto.
4. Deben coleccionarse datos biológicos, físicos y socio-económicos, de tal modo que la recuperación pueda ser relacionada a un contexto ambiental y social. Los datos biológicos describen la salud del ecosistema, y podrían incluir factores como la diversidad y la cobertura de coral, la abundancia de peces y la densidad de pastos marinos. Los datos físicos deberían incluir medidas de temperatura, turbidez, sedimentación y nutrientes. Los datos socio-económicos incluyen una amplia gama de parámetros, tales como número de pescadores y captura, números de turistas y de buzos, niveles de ingreso, tasas de empleo, y descarga de aguas residuales. Debe ponerse especial cuidado en la selección de métodos para el monitoreo socio-económico, es importante también buscar consejo sobre este componente tan importante de cualquier programa de monitoreo.
5. Los métodos de monitoreo seleccionados deben ser acordes a los recursos financieros y humanos disponibles, y no deben representar una demanda excesiva en la capacidad del personal disponible. Un nivel de monitoreo simple que sea confiable y preciso es mejor que la falta total de monitoreo, o que un programa complejo que exceda la capacidad de la organización y resulte en la producción de datos no fiables. En la mayoría de los casos no es necesario tener personal altamente capacitado a fin de coleccionar la información básica necesaria para darle seguimiento a los cambios causados por el blanqueamiento.
6. La selección de los sitios de monitoreo debe tomar en cuenta las estrategias de manejo que estén siendo usadas en áreas protegidas y no protegidas, y si es que esos sitios deberían ser arrecifes *fuelle* o *destino*.
7. Debe asignarse el tiempo adecuado en los programas de trabajo tanto para coleccionar como para analizar los datos. Los datos coleccionados deberían ser comparados con aquellos coleccionados previamente, y deberían ser también facilitados para su utilización en los programas de monitoreo regionales y globales cuando sea apropiado.

La falta de capacidad en una agencia de manejo es la mayor limitante para el establecimiento de programas de monitoreo en muchos países. Varios de los programas regionales y globales organizan cursos de entrenamiento cuando estos son requeridos y en ocasiones también pueden proveer financiamiento. Las autoridades administrativas a cargo de arrecifes deberían sin embargo buscar otras formas de obtener la misma información. Estas podrían incluir:

- El reclutamiento de gente en las comunidades locales, tales como pescadores y agentes de buceo. Por ejemplo la ONG Reef Care en las Antillas Holandesas ha utilizado las comunidades locales para monitorear la dispersión

de *Trididemnum solidum*, que ha infestado los arrecifes de Curaçao y Bonaire (van Veghel, 1993, Bak *et al.*, 1996).

- El uso de voluntarios, ya sea científicos entrenados o buzos de recreo puede proveer capacidad adicional de monitoreo a bajo costo, aunque los últimos tal vez no provean el mismo nivel de exactitud, confiabilidad y detalle que los primeros. La selección cuidadosa de voluntarios y de los métodos que ellos usen será esencial (Wells, 1995). Los programas de voluntarios son mejores que no monitorear, y cuando son diseñados y verificados cuidadosamente, pueden proveer a las autoridades administrativas de datos confiables y precisos para un manejo efectivo del arrecife. Algunos ejemplos incluyen Coral Cay Conservation (Mumby *et al.*, 1996), Frontier (Darwall y Dulvey, 1996), y REEF (Schmitt y Sullivan, 1996) (ver la sección *Materiales de referencia y otros recursos* para los detalles sobre cómo contactarlos).

Investigación

Aún tenemos mucho por aprender acerca del fenómeno de blanqueamiento de corales y sus impactos potenciales tanto en los arrecifes como en la gente que depende de ellos. Las autoridades administrativas y normativas a cargo de arrecifes pueden animar a los científicos, laboratorios marinos, organizaciones no gubernamentales, y agencias de gobierno a que lleven a cabo estudios que cubran las lagunas de conocimiento existentes acerca del blanqueamiento de coral. A fin de predecir (y mitigar) los impactos del blanqueamiento de corales, necesitamos entender mejor los siguientes aspectos:

- La biología del blanqueamiento de corales, incluyendo la fisiología de la simbiosis entre corales y zooxantelas, y cómo es que se trastorna cuando ocurre el blanqueamiento.
- Los factores genéticos que pueden determinar la vulnerabilidad de ciertas especies de corales y zooxantelas al blanqueamiento.
- Los patrones espaciales y temporales de blanqueamiento, y los factores climatológicos y oceanográficos que determinan tales patrones.
- El potencial de recuperación de los corales y de los ecosistemas de arrecife después de un blanqueamiento.
- El papel de los arrecifes como hábitat de una variedad de especies marinas y recursos naturales.
- El estado actual de salud de los arrecifes de coral y otras amenazas a los arrecifes.
- Las implicaciones socio-económicas del blanqueamiento en las comunidades humanas que dependen de los arrecifes para una variedad de recursos naturales.

Como es el caso en cualquier investigación, el trabajo relacionado con el blanqueamiento debería ser cuidadosamente planeado para maximizar los recursos escasos y usar los métodos apropiados a los objetivos del estudio. Cuando sea posible, los programas de investigación deberían ser diseñados en colaboración con las autoridades administrativas de los arrecifes y otras partes involucradas, y se deberían usar expertos locales y nacionales. Los programas de investigación regional posiblemente puedan proveer asistencia financiera o técnica.

El Cambio Climático Global – El Máximo Reto

Las sugerencias hechas en este folleto ayudarán a las autoridades administrativas a prepararse para blanqueamientos, o a facilitar la recuperación del arrecife después de que hayan ocurrido blanqueamiento u otros impactos. Sin embargo, el problema del blanqueamiento de corales se tornará cada vez más severo si el calentamiento global acelerado continúa. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en Inglés), se espera que las TSM promedio en los trópicos aumenten de 1 a 2°C en este siglo (Watson *et al.*, 1996). El blanqueamiento de 1998 ya ha mostrado que la conservación de los arrecifes de coral no puede lograrse sin tomar en cuenta el sistema climático global.

En 1998, la cuarta Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) expresó su profunda preocupación por un blanqueamiento tan extensivo y severo y su posible relación con el cambio climático global. En respuesta, el Secretario Ejecutivo de la CDB reunió una Consulta Experta sobre Blanqueamiento de Coral en Octubre de 1999. Los expertos produjeron un reporte y un grupo de recomendaciones sobre áreas prioritarias para la acción. Este reporte fue presentado al Órgano Subsidiario para el Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (SBSTTA por sus siglas en inglés), el cual expandió las propuestas de acción. El SBSTTA pasó sus sugerencias a la quinta Conferencia de las Partes del CDB (COP-5), que (en Mayo del 2000) adoptó las recomendaciones de los expertos y elaboró una decisión de:

- Integrar a los arrecifes dentro del componente sobre recursos vivos marinos y costeros de su programa de trabajo.
- Urgir a las Partes, otros Gobiernos, y organismos relevantes, a desarrollar casos de estudio sobre blanqueamiento, y a implementar medidas de respuesta como programas de investigación, potenciamiento institucional, participación comunitaria, y educación.
- Implementar un plan de trabajo específico sobre la conservación de los arrecifes de coral en cooperación con organizaciones tales como El Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en Inglés), el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), la Iniciativa Internacional para los Arrecifes de Coral (ICRI), y la Red Global para el Monitoreo de Arrecifes de Coral (GCRMN), y otras organizaciones internacionales.
- Urgir al UNFCCC a emprender todas las acciones posibles para reducir el efecto del cambio climático y estudiar los impactos socio-económicos en los países más afectados por el blanqueamiento de corales.

Hay una relación clara entre el blanqueamiento de corales y los objetivos fijados para el UNFCCC. El Artículo 2 del



Foto: Edmund Green

Arrecife sano y diverso en Turks y Caicos, Mar Caribe.

UNFCCC reconoce explícitamente la importancia de los ecosistemas naturales y urge a las Partes a responder a los efectos del cambio climático de modo que se permita a los ecosistemas naturales adaptarse naturalmente al cambio climático. Por medio de una resolución en 1999, la ICRI alentó también al UNFCCC a estudiar el fenómeno del blanqueamiento. En Noviembre del 2000, la Conferencia de las Partes del UNFCCC considerará las acciones necesarias para tratar los efectos adversos del cambio climático, a fin de facilitar la transferencia de tecnología, y de desarrollar programas de potenciamiento institucional.

Es necesario un esfuerzo concertado a fin de asegurar que el progreso en estas áreas continúe. Las respuestas al cambio climático global requieren compromisos a nivel individual y nacional a fin de modificar los estilos de vida actuales que han conducido a los cambios globales. Como miembros de la comunidad global, debemos levantar nuestras voces en apoyo a los esfuerzos internacionales para reducir las dañinas emisiones de gases invernadero. Las autoridades administrativas a cargo de los arrecifes y los científicos deben proveer reportes frecuentes sobre el blanqueamiento a sus autoridades normativas locales y a sus delegados del Convenio, expresando la preocupación continua por los efectos del cambio climático en los arrecifes de coral y otros ecosistemas, y haciendo un llamado a prestar atención constante a este problema en los foros internacionales.

Materiales de Referencia y Otros Recursos

Blanqueamiento de corales, cambio climático y recuperación de los arrecifes

Referencias

- Bijlsma, L., Ehler, C.N., Klein, R.J.T., Kulshrestha, S.M., McLean, R.F., Mimura, N., Nicholls, R.J., Nurse, L., Perez Nieto, H., Stakhiv, E.Z., Turner, R.K. y Warrick, R.A. 1995. Coastal zones and small islands. In R.T. Watson, M.C. Zinyowera y R.H. Moss (eds) *Climate change 1995 - Impacts, adaptations and mitigations of climate change: scientific-technical analyses: the second assessment report of the Inter-Governmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.: 6-12.
- Bradbury, R. y Seymour, R. 1997. Waiting for COTS. Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium, 24-29 June 1996, Panama 2: 1357-1362.
- Brown, B.E. 1987. Worldwide death of corals: natural cyclic events or man-made pollution? *Marine Pollution Bulletin* 18(1): 9-13.
- Brown, B.E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16 (suppl): S129-S138.
- Brown, B.E., Dunne, R.P., Ambarasari, I., Le Tissier, M.D.A. y Satapoomin, U. 1999. Seasonal fluctuations in environmental factors and variations in symbiotic algae and chlorophyll pigments in four Indo-Pacific coral species. *Marine Ecology Progress Series* 91: 53-69.
- Bryant, D., Burke, L., McManus, J. y Spalding, M. 1998. Reefs at Risk: A Map Based Indicator of Potential Threats to the World's Coral Reefs. World Resources Institute (WRI), Washington, D.C. 56 pp. Available online: www.wri.org/indictrs/refrisk.htm
- Convention on Biological Diversity (CBD). 1999. Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity Page. Expert consultation on bleaching, Manila, Philippines, 11-13 October 1999. Available online: www.biodiv.org/jm.html
- CRC Reef Research Centre. 1997. Exploring Reef Science Page - Crown of Thorns Starfish on the Great Barrier Reef: the facts. Exploring Reef Science fact sheet: March Update 1997. Available online: www.reef.crc.org.au/4news/Exploring/feat15.html
- Done, T.J. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* 247 (1-3): 121-132.
- Done, T.J. 1994. Maintenance of biodiversity of coral reef systems through the management for resilience of populations. In Munro JL and Munro PE (eds) *The Management of Coral Reef Resource Systems*. ICLARM Conference Proceedings 44: 64-64.
- Done, T.J. 1995. Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers. *Coral Reefs* 14(4): 183-192.
- Fitt, W.K., McFarland, F.K., Warner, M.E. y Chilcoat, G.C. 2000. Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. *Limnology and Oceanography* 45(3): 677-685.
- Glynn, P.W. 1990. *Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño - Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam. 563 pp.
- Glynn, P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* 12: 1-17.
- Glynn, P.W. 1996. Coral reef bleaching: facts, hypothesis and implications. *Global Change Biology* 2(6): 495-509.
- Goreau, T.J. y Hayes, R.L. (1994) Coral bleaching and ocean hotspots. *Ambio* 23(3): 176-180.
- Goreau, T.J., McClanahan, T., Hayes, R. y Strong, A.E. 2000. Conservation of coral reefs after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology* 14(1): 5-15.
- Hodgson, G. 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 38(5): 345-355.
- Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research* 50(8): 839-866.
- Hoegh-Guldberg, O. y Jones, R. 1999. Photoinhibition and photoprotection in symbiotic dinoflagellates from reef-building corals. *Marine Ecology Progress Series* 183: 73-86.
- Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts and large scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265(5178): 1547-1551.
- Hunter, C.L. y Evans, C.W. 1995. Coral reefs in Kaneohe Bay, Hawaii - 2 centuries of Western influence and 2 decades of data. *Bulletin of Marine Science* 57(2): 501-515.
- Huppert, A. y Stone, L. 1998. Chaos in the Pacific's coral reef bleaching cycle. *American Naturalist* 152(3): 447-459.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. IPCC Second Assessment - Climate Change 1995: Summary for Policy Makers. Available online: www.ipcc.ch/pub/sarsum1.htm
- Jameson, S.C., McManus, J.W. y Spalding, M.D. 1995. *State of the Reefs: Regional and Global Perspectives*. Washington, D.C. ICRI, U.S. Department of State. 24 pp.
- Jones, R., Hoegh-Guldberg, O., Larkum, A.W.L. y Schreiber, U. 1998. Temperature induced bleaching of corals begins with impairment of dark metabolism in zooxanthellae. *Plant Cell and Environment* 21(12):1219-1230.
- Linden, O. y Sporrang, N. 1999. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Reports and Presentations 1999*. CORDIO/SAREC Marine Science Program, Stockholm. 108 pp.
- Masalu, D.C.P. 2000. Coastal and marine resource use conflicts and sustainable development in Tanzania. *Ocean and Coastal Management* 43: 475-494.
- McClanahan, T.R., Done, T.J. y Polunin, N.V.C. In press. Resiliency of coral reefs. In L. Gunderson, C.S. Holling, B-O. Jansson y C. Folke (eds) *Resilience and the Behaviour of Large Scale Ecosystems*. John Wiley and Sons, New York.
- Moberg, F. y Folke, C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics* 29: 215-233.
- Moran, P. 1997. Crown of Thorns Starfish - Questions and Answers. Online Reference Series, Australian Institute of Marine Science. Available online: www.aims.gov.au/pages/reflib/cot-starfish/pages/cot-000.html
- Muscatine, L. 1990. The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. In Z. Dubinsky (ed.) *Coral Reefs: Ecosystems of the World*, Volume 25. Elsevier Science, Amsterdam: 75-87.
- Mumby, P.J. 1999. Bleaching and hurricane disturbances to populations of coral recruits in Belize. *Marine Ecology Progress Series* 190: 27-35.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2000. Oceanic Research and Applications (ORA) Division - Marine Applications Science Team - Coral Reef Bleaching Page. Available online: www.orbit-net.nesdis.noaa.gov/orad/coral_bleaching_index.html
- Richmond, R.H. 1997. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of coral reefs. In C. Birkeland (ed.) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman and Hall, New York: 175-197.
- Rowan, R. y Knowlton, N. 1995. Intraspecific diversity and ecological zonation in coral algal symbiosis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 92(7): 2850-2853.
- Rowan, R., Knowlton, N., Baker, A. y Jara, J. 1997. Landscape ecology of algal symbionts creates variation within episodes of coral bleaching. *Nature* 388(6639): 265-269.
- Salvat, B. 1987. Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations. Antenne Museum EPHE French Polynesia. 253 pp.
- Schick, J.M., Lesser, M.P. y Jokiel, P.L. 1996. Ultraviolet radiation and coral stress. *Global Change Biology* 2(6):527-545.
- Sebens, K.P. 1987. Coelenterata. In T.J. Pandian y F.J. Vernberg (eds) *Animal Energetics*. Academic Press, San Diego, California: 55-120.

- Spencer, T., Teleki, K.A., Bradshaw, C. y Spalding, M.D. 2000. Coral bleaching in the Southern Seychelles during the 1997–1998 Indian Ocean warming event. *Marine Pollution Bulletin* 40(7): 569–586.
- Strong, A.E., Kearns, E.J. y Gjovig, K.K. 2000. Sea surface temperature signals from satellites – an update. *Geophysical Research Letters* 27(11): 1667–1670.
- Turner, J.R., Klaus, R., Hardman, E., Fagoonee, I., Daby, D., Baghooli, R. y Persands, S. 2000a. The reefs of Mauritius. In D. Souter, D. Obura and O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.
- UNEP. 1999a. *Western Indian Ocean Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 79 pp.
- UNEP. 1999b. *Pacific Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 65 pp.
- UNEP. 1999c. *Caribbean Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 74 pp.
- Veron, J.E.N. 1995. *Coral in Space and Time: The Biogeography and Evolution of the Scleractinia*. Cornell University Press, Ithica, New York. 321 pp.
- Warner, M.E., Fitt, W.K., y Schmidt, G.W. 1996. The effects of elevated temperature on the photosynthetic efficiency of zooxanthellae in hospite from four different species of reef coral: a novel approach. *Plant, Cell and Environment* 19 (3): 291–299.
- Wells, S. y Hanna, N. 1992. *Greenpeace Book of Coral Reefs*. Blandford, U.K. 160 pp.
- Wilkinson, C.R. 1993. Coral reefs are facing widespread extinctions: can we prevent these through sustainable management practices? Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, 22–27 June 1992, Guam 1: 11–21.
- Wilkinson, C.R. 1998. *Status of Coral Reefs of the World: 1998*. Australian Institute of Marine Science, Cape Ferguson, Queensland, Australia. 184 pp.
- Wilkinson, C.R. y Buddemeier, R.W. 1994. Global Climate Change and Coral Reefs: Implications for People and Reefs. Report of the UNEP-IOC-ASPEI-IUCN Global Task Team on Coral Reefs. IUCN Gland, Switzerland. 124 pp.
- Wilkinson, C.R., Linden, O., Cesar, H., Hodgson, G., Rubens, J. y Strong, A.E. 1999. Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean: an ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28: 188–196.
- Williams, E.H. y Bunkley-Williams, L. 1990. The worldwide coral reef bleaching cycles and related sources of coral mortality. *Atoll Research Bulletin* 335: 1–71.
- Recursos adicionales**
- Aronson, R.B., Precht, W.F., MacIntyre, I.G. y Murdoch, T.J.T. 2000. Coral bleach-out in Belize. *Nature* 405(6782): 36.
- Birkeland, C. 1997. *Life and Death of Coral Reefs*. New York: Chapman and Hall. 536 pp.
- Brown, B.E. y Ogden, J.C. 1993. Coral bleaching. *Scientific American* 268(1): 64–70.
- Cesar, H.S.J. 2000. *Collected Essays on the Economics of Coral Reefs*. Sida Press, Stockholm, Sweden.
- Convention on Biological Diversity. 2000. Report of the Expert Consultation on Coral Bleaching. UNEP/CBD/SBSTTA/5/INF/11. Available online: www.biodiv.org/jm.html
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. y VandenBelt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630): 253–260.
- Davidson, O.G. 1998. *The Enchanted Braid: Coming to Terms with Nature on the Coral Reef*. John Wiley and Sons Inc., New York. 269 pp.
- de Fontaubert, A.C., Downes, D.R. y Agardy, T. 1996. *Biodiversity in the Seas: Implementing the Convention on Biological Diversity in Marine and Coastal Habitats*. Gland, Switzerland: World Conservation Union. 86 pp.
- Eakin, C.M. 1996. Where have all the carbonates gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982–1983 El Niño at Uva Island in the eastern Pacific. *Coral Reefs* 15(2): 109–119.
- ICRI. 1998. *Renewed Call for Action: International Coral Reef Initiative 1998*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Queensland. 40 pp.
- Souter, D., Obura, D. y Linden, O. 2000. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden.
- Spalding, M. y Grenfell, A.M. 1997. New estimates of global and regional coral reef areas. *Coral Reefs* 16(4): 225–230.
- UNEP/IUCN. 1988a. *Coral Reefs of the World. Volume 1: Atlantic and Eastern Pacific*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/UNEP, Nairobi, Kenya. 373 pp.
- UNEP/IUCN. 1988b. *Coral Reefs of the World. Volume 2: Indian Ocean, Red Sea and Gulf*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/UNEP, Nairobi, Kenya. 389 pp.
- UNEP/IUCN. 1988c. *Coral Reefs of the World. Volume 3: Central and Western Pacific*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/UNEP, Nairobi, Kenya. 329 pp.
- Manejo de arrecifes de coral blanqueados y severamente dañados**
- Referencias**
- Alcock, D. 1999. Building coral viewing platforms on tourist pontoons. CRC Reef Research Centre Exploring Reef Science Page. Available online: www.reef.crc.org.au/4news/Exploring/feat49.html
- Bak, R.P.M., Lambrechts, D.Y.M., Joenje, M., Nieuwland, G. y VanVeghel, M.L.J. 1996. Long-term changes on coral reefs in booming populations of a competitive colonial ascidian. *Marine Ecology Progress Series* 133(1–3): 303–306.
- Bijlsma, L., Crawford, M., Ehler, C., Hoozemans, F., Jones, V., Klein, R., Miermet, B., Mimura, N., Misdorp, R., Nicholls, R., Ries, K., Spradley, J., Stive, M., de Vrees, L. y Westmacott, S. 1993. *World Coast Conference Report*. World Coast Conference 1993, Noordwijk, the Netherlands, 1–5 November 1993. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, National Institute for Coastal and Marine Management, Coastal Zone Management Centre, The Hague, Netherlands. 115 pp.
- Cesar, H., Waheed, A., Saleem, M. y Wilhelminson, D. 2000. Assessing the impacts of the 1998 coral reef bleaching on tourism in Sri Lanka and Maldives. In D. Souter, D. Obura y O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.
- Cicin-Sain, B. y Knecht, R.W. 1998. *Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices*. Island Press, USA. 517 pp.
- Clark, J.R. 1996. *Coastal Zone Management Handbook*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 694 pp.
- Clark, S. y Edwards, A.J. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs* 14(4): 201–213.
- Clark, S. y Edwards, A.J. 1999. An evaluation of artificial reef structures as tools for marine habitat rehabilitation in the Maldives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 5–21.
- Darwall, W.R.T. y Dulvey, N.K. 1996. An evaluation of the suitability of non-specialist volunteer researchers for coral reef fish surveys. Mafia Island, Tanzania – a case study. *Biological Conservation* 78(3): 223–231.
- Done, T.J. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* 247 (1–3): 121–132.

- Eckert, G.J. 1987. Estimates of adult and juvenile mortality for labrid fishes at One Tree Reef, Great Barrier Reef. *Marine Biology* 95(2): 167–171.
- Edwards, A.J. y Clark, S. 1999. Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12): 474–487.
- Eggleston, D.B. 1995. Recruitment in Nassau grouper *Epinephelus striatus*: post-settlement abundance, microhabitat features, and ontogenetic habitat shifts. *Marine Ecology Progress Series* 124(1–3): 9–22.
- Ehler, C.N., Cicin-Sain, B., Knecht, R.W., South, R. y Weiher, R. 1997. Guidelines to assist policy makers and managers of coastal areas in the integration of coastal management programs and national climate-change action plans. *Ocean and Coastal Management* 37(1): 7–27.
- English, S., Wilkinson, C. y Baker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science, Queensland, Australia. 390 pp.
- Franklin, H., Muhando, C.A. y Lindahl, U. 1998. Coral culturing and temporal recruitment patterns in Zanzibar, Tanzania. *Ambio* 27(8): 651–655.
- Francis, J., Semesi, A.K. y Daffa, J. 1997. Integrated coastal zone management in Tanzania. In O. Lindén y C.G. Lundin (eds) *The Journey from Arusha to Seychelles: successes and failures in integrated coastal zone management in Eastern Africa and island states*. Proc. Second Policy Conference on Integrated Coastal Zone Management in Eastern Africa and Island States, Seychelles, 23–25 October 1996: 195–211.
- Francis, J., van Zwol, C., Sadacharan, D. y Mohamed, S. 1999. *Marine Protected Areas Management: a framework for capacity building in the Western Indian Ocean region*. Proceedings of the Regional Planning Workshop on the Training Needs for Marine Protected Areas Management. Zanzibar, Tanzania, 31 May–3 June, 1999. Coastal Zone Management Center, The Netherlands, The World Bank, and the Institute of Marine Sciences, University of Dar es Salaam, Tanzania. 49 pp.
- Gibson, J., McField, M. y Wells, S. 1998. Coral reef management in Belize: and approach through integrated coastal zone management. *Ocean and Coastal Management* 39: 229–244.
- Goreau, T.J., McClanahan, T., Hayes, R. y Strong, A.E. 2000. Conservation of coral reefs after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology* 14(1): 5–15.
- Hatzioilos, M.E. 1997. A World Bank framework for ICZM with special emphasis on Africa. *Ocean and Coastal Management* 37(3): 281–294.
- Heeger, T., Cashman, M. y Sotto, F. 1999. *Coral farming as alternative livelihood, for sustainable natural resource management and coral reef rehabilitation*. Proceedings of Oceanology International 99, Pacific Rim, Singapore: 171–186.
- Heeger, T., Sotto, F., Gatus, J.J. y Laron, C. 2000. *Community-based coral farming for reef rehabilitation, biodiversity conservation and as a livelihood option for fisherfolk*. Proc. ADSEA, SEAFDEC Philippines.
- Hilbertz, W.H., Fletcher, D. y Krausse, C. 1977. Mineral accretion technology: applications for architecture and aquaculture. *Industrial Forum* 8: 75–84.
- Hilbertz, W.H. 1981. The electrodeposition of minerals in seawater for the construction and maintenance of artificial reefs. In D. Y. Aska (ed.) *Artificial Reefs: Conference Proceedings*. Florida Sea Grant College: 123–148.
- Hodgson, G. 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 38(5): 345–355.
- Hodgson, G. 2000. Coral reef monitoring and management using Reef Check. *Integrated Coastal Zone Management* 1(1): 169–179.
- Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts and large scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265(5178): 1547–1551.
- Kelleher, G. 1999. *Guidelines for marine protected areas*. IUCN, Gland, Switzerland. 107 pp.
- Lewis, A.R. 1997. Recruitment and post-recruit immigration affect the local population size of coral reef fishes. *Coral Reefs* 16(3): 139–149.
- Lindahl, U. 1998. Low-tech rehabilitation of degraded coral reefs through transplantation of staghorn corals. *Ambio* 27(8): 645–650.
- Lindén, O. y Lundin, C.G. 1997. *The Journey from Arusha to Seychelles: successes and failures of integrated coastal zone management in Eastern Africa and island states*. Proc. 2nd Policy Conference on Integrated Coastal Zone Management in Eastern Africa and Island States, Seychelles, 23–25 October, 1996.
- McClanahan, T.R., Hendrick, V., Rodrigues, M.J. y Polunin, N.V.C. 1999. Varying responses of herbivorous and invertebrate-feeding fishes to macroalgal reduction on a coral reef. *Coral Reefs* 18(3): 195–203.
- McClanahan, T.R. y Pet-Soede, L. 2000. Kenyan coral reef fish, fisheries and economics – trends and status after the 1998 coral mortality. In S. Westmacott, H. Cesar y L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.
- Medley, P.A., Gaudian, G. y Wells, S. 1993. Coral reef fisheries stock assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 3(3): 242–285.
- Meyer, T. y Schillak, L. 2000. Mineral substrates for artificial reefs – a new technology for integrated coastal zone management: experiences and approaches; *Integrated Coastal Zone Management* 1(1): 233–238.
- Muhando, C. 1999. Assessment of the extent of damage, socioeconomic effects, mitigation and recovery in Tanzania. In O. Lindén y N. Sporrang (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Reports and Presentations 1999* CORDIO/SAREC Marine Science Program, Stockholm: 43–47.
- Mumby, P.J., Harborne, A.R., Raines, P.S. y Ridley, J.M. 1995. A critical assessment of data derived from Coral Cay Conservation volunteers. *Bulletin of Marine Science* 56(3): 737–751.
- Pet-Soede, L. 2000. The effects of coral bleaching on fisheries in the Indian Ocean. In S. Westmacott, H. Cesar y L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.
- Post, J.C. y Lundin, C.G. 1996. *Guidelines for integrated coastal zone management*. The World Bank, USA. 16 pp.
- Quod, J.P., Turquet, J., Conejero, S., y Ralijaona, C. 2000. Ciguatera risk assessment in the Indian Ocean following the 1998 coral bleaching event. In D. Souter, D. Obura y O. Lindén (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO programme.
- ReefBall. 2000. ReefBall Homepage. Available online: www.reefball.com
- Rilov, G. y Benayahu, Y. 1998. Vertical artificial structures as an alternative habitat for coral reef fishes in disturbed environments. *Marine Environmental Research* 45(4–5): 431–451.
- Roberts, C. 1998. Source, sinks and the design of marine reserve networks. *Fisheries* 23(7): 16–19.
- Robertson, D.R. y Gaines, S.D. 1986. Interference competition structures habitat use in a local assemblage of coral reef surgeonfishes. *Ecology* 67(5): 1372–1383.
- Salm, R.V. y Clark, J.R. 1984. *Marine and Coastal Protected Areas: A Guide for Planners and Managers*. IUCN, Gland, Switzerland. 302 pp.
- Schillak, L. y Meyer, T. 1999. *ARCON – a new technology for the submerge production of artificial reefs as tool for the management of sublittoral habitats*. Proceedings of the 7th International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats (7th CARAH), 7–11 October 1999, San Remo, Italy: 318–328.
- Schmitt, E.F. y Sullivan, K.M. 1996. Analysis of a volunteer method for collecting fish presence and abundance data in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science* 59(2): 404–416.

- Souter, D., Obura, D. y Linden, O. 2000. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden.
- Spurgeon, J. 1999. The Socioeconomic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12): 373-382.
- Turner, J.R., Klaus, R., Hardman, E., Fagoonee, I., Daby, D., Baghooli, R. y Persands, S. 2000a. The reefs of Mauritius. In D. Souter, D. Obura y O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.
- Turner, J.R., Klaus, R. y Engelhardt, U. 2000b. The reefs of the Seychelles Granitic Islands. In D. Souter, D. Obura y O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.
- UNEP. 1999a. *Western Indian Ocean Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 79 pp.
- van Treeck, P. y Schuhmacher, H. 1998. Mass diving tourism – a new dimension calls for new management approaches. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12): 499-504.
- van Treeck, P. y Schuhmacher, H. 1999. Artificial reefs created by electrolysis and coral transplantation: An approach ensuring the compatibility of environmental protection and diving tourism. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49 (suppl): 75-81.
- van Veghel, M.L.J. y De Meyer, K. 1993. Abundance and temporal dynamics of the tropical compound ascidian *Trididemnum solidum* along the coast of Bonaire. Reef Care, Curaçao and the Bonaire Marine Park. 12 pp.
- Walters, J.S., Maragos, J., Siar, S. y White, A.T. 1998. *Participatory Coastal Resource Assessment: A Handbook for Community Workers and Coastal Resource Managers*. Coastal Resource Management Project and Silliman University, Cebu City, Philippines. 113 pp.
- Watson, R.T., Zinyowera, M.C. y Moss, R.H. 1996. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, New York. 889 pp.
- Wells, S.M. 1995. *Reef Assessment and Monitoring using Volunteers and Non-Professionals*. University of York and Coral Cay Conservation, U.K. 57 pp.
- Westmacott, S. y Lawton, C. 2000. The impact of coral bleaching on tourism in Seychelles. In S. Westmacott, H. Cesar y L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.
- Westmacott, S., Cesar, H. y Pet-Soede, L. 2000a. *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.
- Westmacott, S., Ngugi, I. y Andersson, J. 2000b. Assessing the impacts of the 1998 coral reef bleaching on tourism in Tanzania and Kenya. In S. Westmacott, H. Cesar y L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.
- White, A.T. y Cruz-Trinidad, A. 1998. The values of the Philippine coastal resources: why protection and management is critical? Coastal Resource Management Project, Cebu City, Philippines. 69 pp.
- Whitmarsh, D. (1997) Artificial reefs: the law and the profits. *Marine Pollution Bulletin* 34(1): 2-3.
- Wilhelmsson, D., Ohman, M.C., Stahl, H. y Shelsinger, Y. 1998. Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel. *Ambio* 27(8): 764-766.
- Wilkinson, C. 1998. *Status of Coral Reefs of the World: 1998*. Australian Institute of Marine Science, Queensland, Australia. 184 pp.

Recursos adicionales

- Brown, B.E. 1997. Integrated Coastal Management: South Asia. Department of Marine Sciences and Coastal Management, University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, UK.
- Conand, C., Bigot, L., Chabanet, P. y Quod, J.P. 1997. Manuel méthodologique pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens du Sud-Ouest de l'océan Indien. Manuel technique PRE-COI/UE. 27 pp.
- McClanahan, T.R., Glaesel, H., Rubens, J. y Kiambo, R. 1997. The effects of traditional fisheries management on fisheries yields and the coral-reef ecosystems of southern Kenya. *Environmental Conservation* 24(2): 105-120.
- Pastorok, R.A. y Bilyard, G. 1985. Effects of sewage pollution on coral reef communities. *Marine Ecology Progress Series* 21(1-2): 175-189.
- Pickering, H., Whitmarsh, D. y Jensen, A. 1998. Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12): 505-514.
- Russ, G.R. y Alcalá, A.C. 1996. Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo Island, central Philippines. *Marine Ecology Progress Series* 132(1-3): 1-9.
- Rogers, C.S., Garrison, G., Grober, R., Hillis, Z.M. y Franke, M.A. 1994. Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic. United States National Park Service, U. S. Virgin Islands.
- Polunin, N.V.C. y Roberts, C.M. 1996. *Reef Fisheries*. London, Chapman and Hall. 477 pp.

Sitios en Internet

- Caribbean Coastal Marine Productivity Program (CARICOMP): www.isis.uwimona.edu.jm/centres/cms/caricomp
- CARICOMP 1999 Report: www.unesco.org/csi/pub/papers/papers3.htm
- CEDAM: www.cedam.org
- Convenio sobre la Diversidad Biológica: www.biodiv.org/jm.html
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES): www.cites.org
- Protocolos y métodos de evaluación de corales: www.coral.noaa.gov/methods.html
- Coral Cay Conservation: www.coralcay.org
- Coral Health, Assessment and Monitoring Page: www.coral.aoml.noaa.gov
- Degradación de Arrecifes de Coral en el Océano Índico (CORDIO): www.cordio.org
- Earthwatch: www.earthwatch.org
- Frontier: www.frontierprojects.ac.uk
- Red Global de Monitoreo de Arrecifes de Coral (GCRMN): www.coral.noaa.gov/gcrmn
- Literatura sobre MCI de la Island Resources Foundation: www.irf.org/irczrefs.html
- Páginas web sobre MCI colectadas por Universidad de Newcastle: www.ncl.ac.uk/tcmweb/tcm/czmlinks.htm
- Iniciativa Internacional para los Arrecifes de Coral (ICRI): www.environnement.gouv.fr/icri
- Organización Marítima Internacional (IMO): www.imo.org
- Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity: www.biodiv.org/jm.html
- Ocean hot spots: www.psbgsi1.nesdis.noaa.gov:8080/PSB/EPS/SST/climohot.html
- Raleigh International: www.raleigh.org.uk
- Reef Base: www.cgjar.org/iclarm/resprg/reefbase/frame1
- Reef Check: www.reefcheck.org
- REEF: Reef Environmental Education Foundation: www.reef.org
- Reef Keeper International: www.reefkeeper.org/

Contactos Útiles y Direcciones

CORDIO (Coral Reef Degradation in the Indian Ocean)

Contact person: Dr. Olof Lindén
Timmermon,
61060 Tystberga, Sweden
Tel: + 46 156 31077
Fax: + 46 156 31087
olof.linden@cordio.org
www.cordio.org

Coral Reef Alliance (CORAL)

2014 Shattuck Avenue,
Berkeley, CA 94704-1117 U.S.A.
Tel: +1 510 848 0110
Fax: +1 510 848 3720
Toll-free: 1-888-CORAL REEF
info@coral.org
www.coral.org

IUCN Eastern African Regional Office

Contact person: Sue Wells
P.O. Box 68200,
Nairobi, Kenya
Tel: +254 2 890605
Fax: +254 2 890615
smw@iucnearo.org
www.iucn.org

IUCN Washington

Contact person: John Waugh
1630 Connecticut Ave., N.W. - Third Floor,
Washington, D.C. 20009, U.S.A.
Tel: +1 202 387 4826
Fax: +1 202 387 4823
jwaugh@iucnus.org
www.iucnus.org

The Secretariat of the Convention on Biological Diversity

World Trade Center
393 St Jacques Street, Office 300,
Montreal, Quebec, Canada H2Y 1N9
Tel: +1 514 288 2220
Fax: +1 514 288 6588
secretariat@biodiv.org
www.biodiv.org

Secretariat for Eastern African Coastal Area Management (SEACAM)

874, Av. Amílcar Cabral, 1st floor,
Caixa Postal 4220,
Maputo, Mozambique
Tel: +258 1 300641/2
Fax: +258 1 300638
seacam@virconn.com
www.seacam.mz

U.S. Agency for International Development (USAID)

Ronald Reagan Building
Washington, D.C. 20523-0016, U.S.A.
Tel: +1 202 712 4810
Fax: +1 202 216 3524
pinquiries@usaid.gov
www.usaid.gov

World Bank CORDIO programme

contact person: Indu Hewawasam
Environment Group - Africa Region,
The World Bank,
1818 H Street,
N.W. Washington D.C. 20433, U.S.A.
Tel: +1 202 473 5559
Fax: +1 202 473 8185
ihewawasam@worldbank.org
www.worldbank.org

World Conservation Monitoring Centre

219 Huntingdon Road,
Cambridge CB3 0DL, U.K.
Tel: +44 1223 277314
Fax: +44 1223 277136
www.wcmc.org.uk

World Wide Fund for Nature (WWF)

WWF International,
Ave du Mont Blanc,
CH 1196 Gland, Switzerland
Tel: +41 22 364 9111
Fax: + 41 22 364 5358
www.panda.org